

Vývoj obsahu vybraných biologicky aktivních látek v potravinách v průběhu skladování

Ing. Tomáš Šopík, Ph.D.

Teze disertační práce



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Teze disertační práce

**Vývoj obsahu vybraných biologicky aktivních látek
v potravinách v průběhu skladování**

**Development of the content of selected biologically active
substances in food during storage**

Autor: **Ing. Tomáš Šopík, Ph.D.**

Studijní program: P2901Chemie a technologie potravin

Studijní obor: 2901V013 Technologie potravin

Školitel: prof. Ing. František Buňka, Ph.D.

Konzultant: Ing. Zuzana Lazárková, Ph.D.

Oponenti: prof. Ing. Alžbeta Jarošová, Ph.D.
prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc.
doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.

Zlín, duben 2022

© Tomáš Šopík

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Doctoral Thesis Summary**.
Publikace byla vydána v roce 2022.

Klíčová slova: potraviny s dlouhou trvanlivostí; dlouhodobé skladování; změny kvality; stravování v krizových situacích; bojové dávky potravin

Key words: long shelf-life foods; long-term storage; quality changes; boarding in crisis situation; combat rations

Plná verze disertační práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

ISBN 978-80-7678-071-2

ABSTRAKT

Předložená disertační práce se zabývá problematikou jakostních změn trvanlivých potravin při dlouholetých skladovacích pokusech. Cílem bylo prostudovat vliv čtyř rozdílných skladovacích teplot (-18 °C, 6 °C, 23 °C a 40 °C), simulujících arktické, mírné a tropické teploty na mikrobiologické, chemické, sensorické a fyzikální změny skladovaných potravin v průběhu experimentu. Potraviny, které byly v této disertační práci analyzovány, jsou běžně dostupné v síti různých obchodních řetězců. Pro analýzy byly použity metody chemické (hodnota pH, obsah: sušiny, amoniaku, sekundárních oxidačních produktů, sacharidů, aminokyselin, hrubé bílkoviny a tuků), mikrobiologické (kultivační metody), texturní, reologické a sensorické (hodnocení pomocí stupnice). Z výsledků je zřejmé, že délka skladování společně se zvyšující se teplotou významně ovlivnila sledované znaky v důsledku degradačních změn látek v potravinách ($P < 0,05$). V průběhu skladování proto docházelo k signifikantnímu poklesu hodnot pH ve vzorcích potravin ($P < 0,05$). Stejně tak docházelo u většiny vzorků k navýšení obsahu sušiny, amoniaku a thiobarbiturového čísla (vyjadřující stupeň oxidace lipidů) ($P < 0,05$). Navíc u některých vzorků se degradační změny nepříznivě projevíly na organoleptické kvalitě, zejména na barvě, chuti a intenzitě pachutí ($P < 0,05$). Z těchto důvodů došlo u vzorků skladovaných při teplotě 40 °C k výrazným nežádoucím změnám ($P < 0,05$). Na základě získaných výsledků lze jednoznačně konstatovat, že tato teplota se pro skladování ukázala jako zcela nevhodná. V případě, že není vyhnutí, je vhodné dobu minimalizovat. Naopak nejlépe byly hodnoceny vzorky skladované při teplotě 6 °C, kdy bylo pozorováno minimální zhoršení sledovaných znaků. Dále výsledky analýz vzorků skladovaných při teplotě -18 °C a 23 °C byly rovněž uspokojující.

SUMMARY

This doctoral thesis deals with the issue of quality changes of durable foods during long-term storage experiments. The aim of the work was to study the effect of four different storage temperatures (-18°C, 6°C, 23°C and 40°C), simulating Arctic, mild and tropical temperatures on microbiological, chemical, sensory, physical changes of stored foods during the experiment. The foods that have been analyzed in this doctoral thesis are commonly available through a network of different retailers. Chemical (pH value, content of: dry matter, ammonia, secondary oxidation products, carbohydrates, amino acids, crude protein and fats), microbiological (cultivation methods), textural, rheological and sensory methods (scoring) were used for the analyzes. From the results the length of storage together with the increasing temperature significantly influenced the observed characteristics due to degradation changes of substances in foodstuffs ($P < 0,05$). Therefore, during the storage, there was a significant decrease in pH values in food samples ($P < 0,05$). Likewise, most of the samples showed an increase in the dry matter, ammonia and thiobarbituric values (expressing the degree of lipid oxidation) ($P < 0,05$). Moreover, in some samples, the degradation changes adversely affected the organoleptic quality, the color, taste and off-flavor ($P < 0,05$). For these reasons, significant undesirable changes have occurred in samples stored at 40°C ($P < 0,05$) and it can be unequivocally stated that this temperature has proved completely unsuitable for storage. If there is no avoidance, it is advisable to minimize the time. Conversely, samples stored at 6°C were best evaluated, with minimal worsening of observed parameters. Furthermore, the analysis results of samples stored at -18°C and 23°C were also satisfactory.

OBSAH

1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	6
1.1 Krizové situace	7
1.2 Principy úchovy potravin a konzervační principy	8
1.2.1 Přímá inaktivace mikroorganismů – abióza	8
1.2.2 Nepřímá inaktivace mikroorganismů – anabióza	9
1.2.3 Méně tradiční metody netepelného ošetření potravin.....	9
1.3 Změny probíhající během skladování	9
1.3.1 Změny aminokyselin, bílkovin a peptidů.....	10
1.3.2 Změny sacharidů	10
1.3.3 Změny lipidů	11
2. CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE	12
3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ.....	13
3.1 Charakteristika skladovacího pokusu a analyzovaných potravin	13
3.2 Zvolené metody analýz	17
4. HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE.....	19
4.1 Skladovací pokus I	19
4.2 Skladovací pokus II.....	20
4.3 Diskuse	23
5. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI	28
6. ZÁVĚR	29
Seznam použité literatury.....	30
Seznam ilustrací	36
Seznam tabulek	36
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	37
Seznam publikací	38

1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

S nástupem moderní éry je lidská společnost stále častěji vystavována následkům událostí, které v dnešní době přicházejí většinou neočekávaně a mohou ohrožovat životy a zdraví obyvatel nebo způsobovat velké škody na majetku a životním prostředí. Obecně se tedy těmito situacemi rozumí škodlivé působení sil a jevů vyvolaných jak lidmi, tak i přírodou.

V případě vzniku neočekávané události (např. povodně, zemětřesení, požáry, válka, nemoci) mohou příslušné orgány vyhlásit mimořádný stav. V těchto krizových situacích je nutné zajistit potravu obyvatelstvu a členům jednotek záchranného systému. Situace by ovšem mohla být tak specifická a kritická, že mrazicí a chladičí řetězce pracující za normálních podmínek nejsou k dispozici (Bubelová *et al.*, 2015; Kadidlová *et al.*, 2010). Mnoho evropských anebo jiných zemí dále podporuje humanitární anebo vojenské mise v různých klimatických zónách (od arktických k tropickým) a to i na značnou vzdálenost, kde se potraviny přepravují zejména prostřednictvím lodí (Tulach & Foltin, 2019; Foltin *et al.*, 2018). Tato přeprava může být realizována také skrze více klimatických zón a může trvat týdny, přičemž obecně by mělo být použito mikrobiologicky stabilních potravin. Během zmíněné přepravy a následného skladování v oblastech humanitárních anebo vojenských misí může ovšem docházet v průběhu skladování k navýšení teploty nad ≈ 25 °C. Jmenovaná teplota se považuje za okolní teplotu pro naši klimatickou zónu, pod kterou by mohlo být uloženo mnoho potravin s dlouhou skladovatelností a pro které výrobci deklarují nevýznamné změny během skladování, které by mohlo trvat až 3 roky (např. konzervy). Při dlouhodobém skladování (obvykle nad 25 °C) neexistují prakticky žádné informace o možných změnách kvality ani v literatuře, ani od výrobců.

Aby bylo možné získat důležité chemické, nutriční a fyzikální údaje v různých vybraných potravinách, měly by být jakostní parametry optimálně sledovány během víceletého skladování za různých teplot. Takto navržené studie, ovšem vyžadují velké finanční náklady na materiál, a navíc značnou časovou vyčílenost personálu. Proto se podobné studie příliš neprovádí, a naopak se většina pozornosti věnuje urychleným simulacím prováděných při zvýšených teplotách během několika dnů nebo týdnů. Další variantou jsou kratší experimenty (Fan *et al.*, 2009; Custódio *et al.*, 2018; Rodríguez *et al.*, 2003). Lze se domnívat, že tyto simulace, které urychlují experimenty, mohou však zatřít určité sledované změny. Z provedené dostupné rešerše bylo zjištěno, že většina skladovacích experimentů je prováděno s masem skladovaným při mrazírenských podmínkách, jako je např. prodloužení skladovatelnosti tolstolobika bílého ošetřeného 2% roztokem chitosanu po dobu 30 dní (Fan *et al.*, 2009), anebo studium kvality mraženého a chlazeného vepřového masa po dobu 180 dnů (Custódio *et al.*, 2018). (Rodríguez *et al.*, 2003) oproti tomu zkoumal změny pokrmů „meal ready to eat“ po dobu šesti měsíců. Z dlouhodobějších experimentů v době trvání 12 měsíců lze zmínit práci Kince *et al.*, (2017) a Alonso *et al.*, (2016). První autor se zabýval dobou udržitelnosti snídaňových cereálií, zatímco druhý studoval změny zmraženého

vepřového masa. Z výše uvedeného stručného výčtu publikací (Fan *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2003; Custódio *et al.*, 2018; Kince *et al.*, 2017; Alonso *et al.*, 2016) lze navíc jednoznačně usoudit, že většina autorů se ve svých studiích zaměřila na kratší experimenty, a navíc byla pozornost věnována pouze úzkému spektru potravin. Přitom právě data o potravinách z dlouhodobých experimentů je možné využít při výběru vhodných potravin pro zabezpečení stravování obyvatelstva v krizových stavech, a také je případně zařadit do bojových dávek potravin.

Některé další informace, například podrobnosti a požadavky na nutriční hodnoty a obaly, lze nalézt např. v dokumentu NATO standardizačních dohod STANAG 2937. Minimální trvanlivost potravin používaných v bojových dávkách (BDP) několika armád v NATO je dána zmíněným dokumentem na nejméně 24 měsíců. Během krize však mohou být tyto balíčky přepravovány k lidem v nouzi a zůstávají tak i při teplotách od -20 °C do 40 °C. Česká republika leží ve střední Evropě, proto jsou BDP vhodné pro mírné klimatické pásmo. Z tohoto důvodu je možné zaručit 24měsíční skladovatelnost při teplotách od 0 °C do 26 °C a relativní vlhkosti až 70 % (STANAG, 2015).

1.1 Krizové situace

Krizová situace je mimořádná událost, jež je podle zákona o integrovaném záchranném systému č. 239/2000 Sb. definována jako škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činnostmi člověka, přírodními vlivy, ale také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. Přípravou na krizové situace a jejich řešením se zabývají orgány krizového řízení, jež jsou zaměřeny na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik, plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v této souvislosti. Mezi orgány krizového řízení patří vláda, ministerstva a jiné ústřední správní úřady, Česká národní banka, orgány kraje a další orgány s působností na území kraje, orgány obce a orgány obce s rozšířenou působností. Koordinačním orgánem v přípravě na krizové stavy je podle zákona č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů ministerstvo vnitra. K řešení krizových situací a provádění záchranných a likvidačních prací je v ČR použit integrovaný záchranný systém (IZS). Základní složky tohoto systému tvoří: Hasičský záchranný sbor ČR, jednotky požární ochrany, Policie České republiky a Zdravotnická záchranná služba. Ostatní složky IZS mohou na vyžádání poskytovat pomoc při záchranných a likvidačních pracích, jako je např. Armáda ČR, správní úřady anebo fyzické osoby dle zákona č. 239/2000 Sb. Na území České republiky je možno vyhlásit stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu anebo válečný stav dle zákona č. 240/2000 Sb.

Česká republika má pro účel zásobení obyvatelstva a IZS v krizových situacích určeny státní hmotné rezervy. Požadavky na tvorbu státních hmotných rezerv vyplývají z krizových plánů a vytváří se v souladu se zákonem č. 97/1993 Sb. o působnosti Správy státních hmotných rezerv a zákonem č. 241/2000 Sb. o

hospodářských opatřeních pro krizové stavy a změně některých souvisejících zákonů. Rezervy jsou tvořeny vybranými základními surovinami, materiály, polotovary a výrobky, jejichž určení zajišťuje obranyschopnost a obranu státu, odstraňování následků krizových situací a ochranu životně důležitých hospodářských zájmů státu. Správa státních hmotných rezerv uvádí, že má zásoby potravin jako je např. mražené maso, máslo, obilí, sušené mléko, masové konzervy, cukr, sýry, škrob a další komodity (Státní hmotné rezervy, 2009).

1.2 Principy úchovy potravin a konzervační principy

Smyslem technologického zpracování a skladování potravinářských surovin a potravin je vytvořit a udržet nutriční a sensorickou hodnotu potraviny. Během celého cyklu zpracování podléhají suroviny a potraviny proměnám, mezi které patří fyziologické, enzymatické, chemické a mikrobiologické změny.

V čerstvé zelenině, ovoci anebo mase po porážce probíhají změny, které navazují na fyziologické procesy v živých rostlinných pletivech před utržením a živočišných tkáních před porážkou. Enzymatické změny jsou způsobeny reakcemi, které katalyzují přirozené enzymy, případně extracelulární enzymy produkované přítomnou mikroflórou (Kadlec *et al.*, 2009). Na chemických změnách se podílejí vzájemné reakce složek potraviny, které ve výsledku mohou vážně poškodit nutriční hodnotu (např. ztrátu cukrů, vitamínů nebo změny obsahu a složení dusíkatých látek) (Kyzlink, 1988). Významnou chemickou změnou jsou Mailardovy reakce, v jejichž důsledku dochází k změně barvy, chutě a vůně. Další chemickou reakcí jsou např. oxidační reakce tuků, které znehodnocují potraviny nažluklou chutí a vůní (Ingr, 2007). Vlastní činnost mikroorganismů může kazit potravinu a tím měnit sensorické vlastnosti, a také může docházet ke ztrátě živin. Navíc mohou nežádoucí mikroorganismy produkovat toxické látky, jelikož potraviny jsou vhodným prostředím pro růst a množení mikroorganismů (Kadlec *et al.*, 2009).

1.2.1 Přímá inaktivace mikroorganismů – abióza

Metody úchovy potravin založených na abióze vedou po ošetření potraviny k optimálnímu usmrcení většiny mikroorganismů přítomných v potravine. Běžně se využívá fyzikálních principů nebo chemických látek, přičemž po zákroku zůstávají v produktu zbytky mrtvých mikrobiálních buněk (Ingr, 2007). K fyzikálním zákrokům řadíme sterilaci zvýšenou teplotou, sterilaci krátkovlnným a elektromagnetickým zářením a sterilaci ultrazvukem (Kyzlink, 1988). Pasterace je tepelné ošetření potravin záhřevem s nižším inaktivačním účinkem. Používá se k redukci vegetativních forem mikroorganismů a obvykle není dostatečná pro inaktivaci bakteriálních spor. Naproti tomu sterilace vede k inaktivaci vegetativních forem mikroorganismů a většiny bakteriálních spor (Ingr, 2007; Delgado-Andrade *et al.*, 2010). Další přímou metodou inaktivace je konzervace chemosterilací, tedy využití chemických látek, které usmrcují mikroorganismy.

Řadíme sem dezinfekční látky jako sloučeniny chlóru, peroxid vodíku, kyselinu peroxyoctovou a kvartérní amoniové báze (Kadlec *et al.*, 2009). Jako další lze použít atomární kyslík pro dezinfekci obalů pro potraviny, ionizované stříbro a fumiganty (ethylenoxid a propylenoxid) (Ingr, 2007).

1.2.2 Nepřímá inaktivace mikroorganismů – anabióza

Anabiotickými metodami úchovy potravin rozumíme takové, které prostřednictvím zhoršení podmínek pro růst mikroorganismů v potravinách nevedou k přímé inaktivaci mikroorganismů, ale k prodloužení tzv. lag fáze.

Lag fáze neboli klidová fáze je první ze čtyř typických fází růstu mikroorganismů při statické kultivaci. Nedochozí k rychlému množení bakterií, např. v důsledku nutnosti metabolického přizpůsobení bakteriální buňky. Následně v exponenciální fázi (log fáze) probíhá intenzivní množení bakterií a populace dosahuje exponenciálního růstu, dokud nedojde k vyčerpání živin. Ve stacionární fázi se postupně zpomaluje rychlost množení buněk a závěrem ve fázi odumírání převyšuje počet odumřelých buněk počet buněk vzniklých (Parker *et al.*, 2016).

Nepřímou inaktivaci mikroorganismů dělíme na fyzikální, chemickou a konzervaci biologickou úpravou. K fyzikálním metodám řadíme odnímání vlhkosti, snižování teploty zchlazováním a zmrazováním, odnímání kyslíku a úpravu skladovací atmosféry (Ingr, 2007).

1.2.3 Méně tradiční metody netepelného ošetření potravin

Tradiční metody tepelného ošetření jsou v průmyslu rozšířené a oblíbené právě z důvodu vysoké efektivity při devitalizaci mikroorganismů. Ačkoliv je jejich působící efekt žádoucí, dochází při ošetření potravin vlivem vysoké teploty k řadě chemickým změnám, které zhoršují výslednou jakost a sensorické vlastnosti potravin a zároveň snižují nutriční hodnotu výrobků. Z těchto důvodů se ve vědecké sféře věnuje značná pozornost novým anebo staronovým technologiím, které byly v minulosti již vyzkoušené, avšak nebyly konstrukčně dořešené. Díky současnému vědecko technickému pokroku dochází u těchto metod k řadě obměn a ověřuje se jejich účinnost v porovnání s tradičními tepelnými metodami. Mezi tyto metody patří technologie na principu puzního elektrického pole, pulzního světla, mikrofiltrace, mikrovlnného záření, ultrazvuku, použití chemikálií a biochemikálií anebo vysokotlakých ošetření potravin (Bendicho *et al.*, 2003; Čuboň *et al.*, 2017; Maged & Eiss, 2012).

1.3 Změny probíhající během skladování

Během skladování může docházet k významným chemickým, mikrobiologickým a organoleptickým změnám v potravinách. Tyto procesy mohou probíhat spontánně na základě chemického složení anebo v důsledku obalových materiálů a skladovacích podmínek. Výsledkem jsou pak zpravidla

degradační reakce, mající za důsledek hmotnostní ztráty potravin spojené se snížením výživové hodnoty, změnou chutě a vůně, popř. výskytem nežádoucích barevných změn (Tanner, 2016).

1.3.1 Změny aminokyselin, bílkovin a peptidů

V potravinářských surovinách, které jsou vesměs složeny z živočišných tkání a rostlinných pletiv, probíhají různé biochemické reakce, kterých se účastní bílkoviny, peptidy a volné aminokyseliny. Působením různých fyzikálních faktorů a chemických činidel dochází k chemickým a biochemickým reakcím těchto sloučenin při zpracování potravinářských surovin a dále pak během přípravy pokrmů. Aminokyseliny, bílkoviny, ale i proteiny reagují vzájemně mezi sebou, a navíc i s přirozenými složkami potravin, jako jsou oxidované sloučeniny, redukující cukry v Maillardově reakci, potravinářská aditiva, popř. i některé kontaminanty. Mezi příznivé změny řadíme inaktivaci nežádoucích enzymů a mikroorganismů, denaturaci proteinových toxinů, produkci žádoucích chuťových a vonných látek, žádoucí změny barvy potravin, vyšší stravitelnost a vyšší údržnost. Na druhé straně pozitivní změny jsou kompenzovány nepříznivými důsledky, např. určitým snížením výživové hodnoty, občasným vznikem nežádoucích vonných a chuťových látek, případnou nežádoucí barvou potravin (Berg, 2012; Velíšek & Hajšlová, 2009).

Oxidativní dekarboxylace aminokyselin je oxidace aminokyselin působením oxidačních činidel. Při této reakci vzniká amoniak, oxid uhličitý a karbonylová sloučenina obsahující o jeden atom uhlíku méně než výchozí reaktant. Podle tohoto sledu reakcí známých jako Streckerova degradace aminokyselin vznikají z mono karboxylových α -aminokyselin s primární aminoskupinou sensoricky aktivní aldehydy nazývané Streckerovy aldehydy. K degradaci β -aminokyselin dochází v menším rozsahu a produkty reakcí jsou alkan-2ony. Následně alkan-3ony vznikají reakcí z γ -aminokyselin (Velíšek & Hajšlová, 2009). Vznikající amoniak lze považovat za kvalitativní znak potravin a může při vyšších koncentracích znatelně ovlivnit jakost. Obsah amoniaku můžeme v potravinách sledovat různými metodami, např. vytěšňovací Conwayovou metodou (Buňka, Hrabě, & Kráčmar, 2004).

1.3.2 Změny sacharidů

Sacharidy jsou organické sloučeniny patřící do skupiny polyhydroxyderivátů karbonylových sloučenin. Reakce sacharidů v potravinách jsou zpravidla enzymové a chemické. Na těchto reakcích se podílejí všechny funkční skupiny molekul v závislosti na podmínkách prostředí, pH, teplotě, obsahu vody aj., a řadí se mezi nejvýznamnější a zároveň nejrozšířenější chemické reakce probíhající během zpracování a skladování potravin. Tyto reakce, známé jako Maillardovy reakce jsou komplexem chemických reakcí mezi aminosloučeninami a redukujícími sacharidy. V průběhu sledu těchto reakcí dochází ke vzniku řady velmi reaktivních karbonylových sloučenin, které reagují vzájemně mezi sebou,

a navíc také reagují s přítomnými aminosloučeninami. V zásadě se jedná o komplex reakcí, jejichž produkty jsou nejčastěji hnědé pigmenty, sensoricky významné těkavé látky, např. melanoidiny. Při Maillardových reakcích dochází k snížení nutriční hodnoty potravin a příkladem jsou reakce karbonylových sloučenin s lyzinem, esenciální a často limitující aminokyselinou. Během tohoto neenzymatického hnědnutí mohou vznikat i látky antinutriční, popř. toxické (Velíšek & Hajšlová, 2009; Belitz, Grosch, & Schieberle, 2009).

1.3.3 Změny lipidů

Nejběžnějšími typy chemických reakcí mastných kyselin při zpracování nebo skladování potravin jsou autooxidace. Za běžných skladovacích teplot se oxidují vzdušným kyslíkem jen nenasycené mastné kyseliny, a naopak při vyšších teplotách dochází již k autooxidaci nasycených mastných kyselin. Autooxidace uhlovodíkového řetězce mastných kyselin a jiných uhlovodíků je radikálová řetězová reakce, která probíhá ve třech stupních. Reakční mechanismus lze popsat následovně (Akoh & Min, 2002; Davídek, 1991; Velíšek & Hajšlová, 2009).

Prvním stupněm (iniciačním) reakce je tvorba volného vodíkového radikálu a radikálu mastné kyseliny homolytickým štěpením uhlovodíkového řetězce. Vzniklý volný radikál mastné kyseliny je velmi reaktivní a snadno reaguje s molekulou kyslíku v druhém propagačním stupni (propagace). Tímto dochází ke vzniku peroxylového radikálu, který je opět velmi reaktivní, a proto odštěpí vodík z další molekuly mastné kyseliny za vzniku hydroperoxidu a volného radikálu mastné kyseliny. Rychlost reakce ovlivňuje průběh tvorby hydroperoxidu, jelikož je z výše uvedených sledů reakcí nejpomalejší. Třetím a posledním stupněm je proces terminačních reakcí vedoucích ke vzniku neradikálových, poměrně stabilních produktů. Pravděpodobnost vzniku těchto produktů je dána dostatečně vysokou koncentrací volných radikálů v reakčním systému (Velíšek & Hajšlová, 2009).

Ukazatelem obsahu primárních produktů oxidace tuků (hydroperoxydy) je peroxidové číslo, které je ovšem nestálé, a proto je vhodnější sledovat sekundární oxidační produkty. Volné radikály a hydroperoxydy vstupují do sekundárních autooxidačních reakcí, přičemž kromě jiných produktů vzniká i malondialdehyd, který je velmi sensoricky aktivní a ovlivňuje chuť a vůni. Malondialdehyd má schopnost reagovat s kyselinou thiobarbiturovou za vzniku zbarvení, jehož intenzita se dá měřit spektrofotometricky. Tohoto principu se využívá při stanovení thiobarbiturového čísla jako indikace oxidace lipidů v potravinách, které je více vypovídající oproti peroxidovému číslu (Kristensen & Skibsted, 1999).

2. CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE

Hlavním cílem disertační práce bylo sledovat a popsat jakostní změny vybraných trvanlivých potravin během dlouhodobého skladování. Naplnění tohoto cíle bylo realizováno v rámci následujících dílčích cílů:

- založit skladovací pokus s vybranými potravinami a sledovat jejich trvanlivost,
- skladovat potraviny po dobu 24 měsíců při 4 rozdílných teplotách,
- v pravidelných intervalech provést:
 - o sensorickou analýzu,
 - o chemickou analýzu,
 - o mikrobiologickou analýzu,
 - o reologickou a texturní analýzu,
- pro každou potravinu navrhnout kritickou teplotu a kritický čas,
- za daných podmínek zhodnotit, zdali je možné tyto potraviny použít v případě krizového stavu jako krizové dávky potravin,
- na základě výsledků navrhnout použití potravin jako součást řešení krizových situací anebo bojových dávek potravin.

3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

3.1 Charakteristika skladovacího pokusu a analyzovaných potravin

V rámci hlavního cíle disertační práce byly založeny dvouleté experimenty ve dvou skupinách očíslovaných jako římská I a II, při nichž byly sledovány jakostní změny. Potraviny byly skladovány při čtyřech různých teplotních podmínkách simulujících odlišné klimatické pásy (arktický, mírný, subtropický a tropický). Zvolené teploty pro vyjádření těchto klimatických pásů byly: mrazírenská teplota (-18 ± 2 °C), chladírenská teplota (6 ± 2 °C), skladová teplota (23 ± 2 °C) a termostatová teplota (40 ± 2 °C).

Potraviny, které se v průběhu dvou let skladovaly za výše uvedených teplot, lze rozdělit do následujících celků:

- trvanlivé dehydratované výrobky
 - o bramborová kaše s mlékem, instantní gulášová polévka, instantní nudle, instantní nudlová polévka s hovězí příchutí, dobrý hostinec svíčková,
- jedlý olej
 - o slunečnicový olej,
- mléčné výrobky
 - o balkánský sýr,
- pečivo
 - o předpečené bagety,
- trvanlivé potraviny s obsahem masa (masovou složkou)
 - o segedínský guláš, kuřecí maso ve vlastní šťávě, májka lahůdkový vepřový krém, tuňák kousky ve vlastní šťávě, kuře na paprice, čočka s klobásou,
- trvanlivé potraviny s vyšším obsahem sacharidů, z toho cukrů
 - o ovesná kaše jablka, rozinky, skořice, müsli křupavé čokoládové, džem meruňkovo-jablečný, med květový luční, nutella.

Souhrnný seznam těchto potravin pro obě skupiny římská I a II je uveden v Tab. 3.1, přičemž skladovací pokus číslo I obsahoval potraviny označené písmeny A až I a skladovací pokus č. II potraviny J až T. Dále je v tabulce uvedeno i základní nutriční složení uváděné výrobcem na obalu.

Tab. 3.1: Seznam potravin pro skladovací pokusy

Označení	Potravina	Bílkoviny [g/100 g]	Tuky [g/100 g]	Sacharidy [g/100 g]
A	Bramborová kaše s mlékem	9,70	2,40	73,0
B	Instantní gulášová polévka	13,0	12,0	52,0
C	Slunečnicový olej	0,00	4,60	0,00
D	Balkánský sýr	15,0	22,0	3,00
E	Předpečené bagety	8,00	1,50	50,0
F	Segedínský guláš	4,30	9,50	5,90
G	Kuřecí maso ve vlastní šťávě	17,2	5,60	0,70
H	Májka lahůdkový vepřový krém	9,10	29,3	1,50
I	Tuňák kousky ve vlastní šťávě	18,0	0,70	0,50
J	Ovesná kaše jablka, rozinky, skořice	12,0	7,40	64,0
K	Müsli křupavé čokoládové	7,90	17,0	63,0
L	Džem meruňkovo-jablečný	<0,50	<0,50	69,0
M	Med květový luční	<0,50	0,00	82,0
N	Nutella	6,00	31,6	57,6
O	Instantní nudle	9,10	18,3	63,4
P	Kuře na paprice*	2,40	8,50	6,80
R	Instantní nudlová polévka s hovězí příchutí	9,00	18,1	61,6
S	Dobry hostinec svíčková	11,8	4,10	69,4
T	Čočka s klobásou	6,40	7,90	13,9

*výživové údaje uvedené výrobcem na obalu ve 100 ml hotové omáčky

K realizaci experimentu I a II byl zakoupen celkový počet kusů balení: 58 (A-bramborová kaše s mlékem; C-slunečnicový olej; F-segedínský guláš; G-kuřecí maso ve vlastní šťávě; H-májka lahůdkový vepřový krém; I-tuňák kousky ve vlastní šťávě), 104 (B-instantní gulášová polévka), 23 (D-balkánský sýr; E-předpečené bagety), 61 (J-ovesná kaše jablka, rozinky, skořice; P-kuře na paprice;

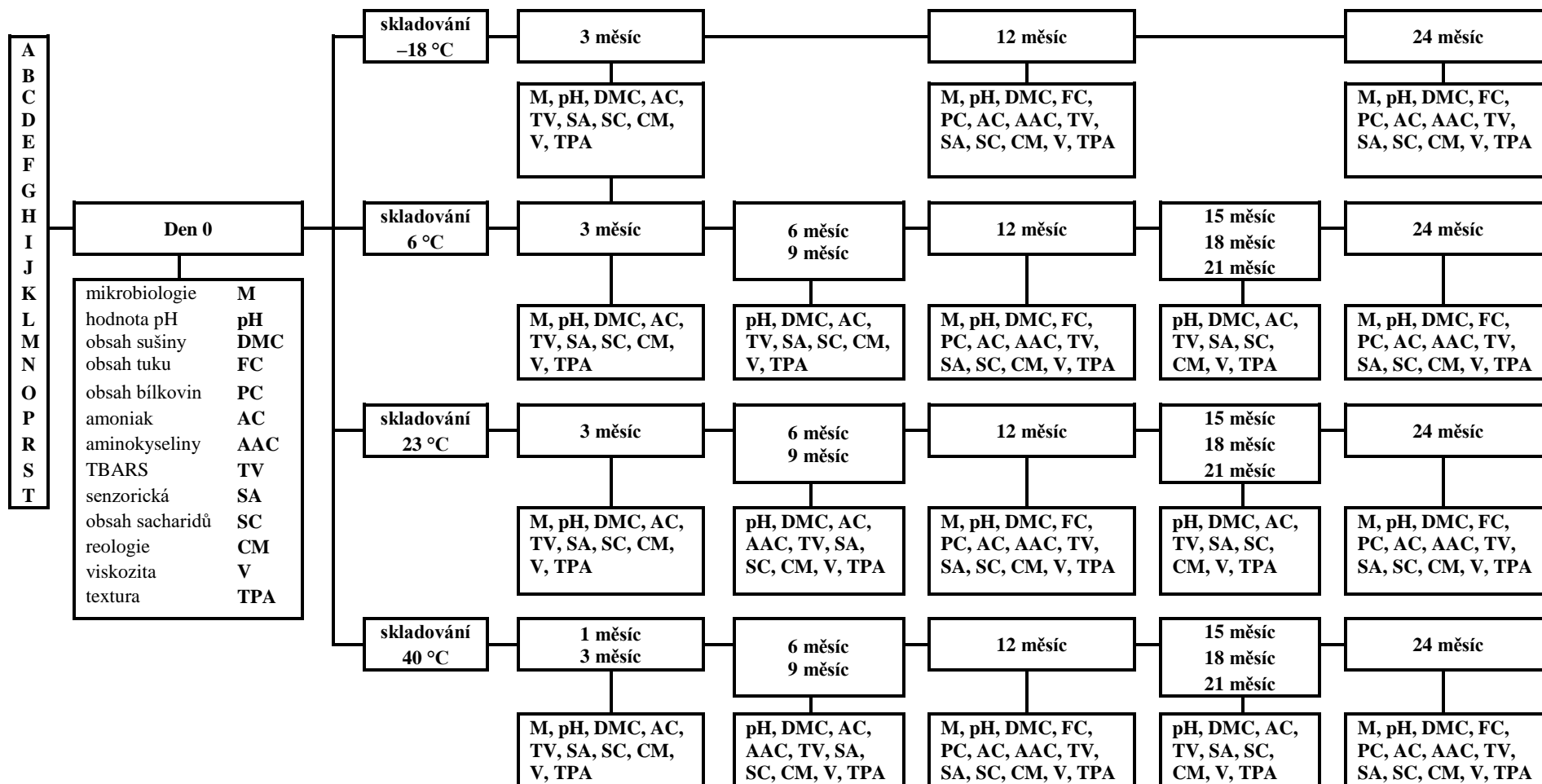
R-instantní nudlová polévka s hovězí příchutí; S-dobry hostinec svíčková; T-čočka s klobásou), 3 (K-müsli křupavé čokoládové), 109 (L-džem meruňkovo-jablečný; M-med květový luční; N-nutella), 24 (O-instantní nudle). Potravina K byla rozvážena do 100 ml plastových kelímků a zatavena hliníkovou folií. Následně byly vzorky označeny příslušnými kódy a uskladněny. Pro každý odběrový termín a pro danou skladovací teplotu bylo k dispozici balení pro sensorickou, mikrobiologickou analýzu a dostatečné množství potravin k provedení veškerých plánovaných chemických a fyzikálních analýz.

Během skladování byly v pravidelných intervalech prováděny odběry vzorků potravin uvedených v Tab. 3.1. Schéma očekávaného experimentálního designu pro skladovací experiment I a II je graficky znázorněné v Tab. 3.2. Jak lze ze schématu vyčíst, u potravin skladovaných při mrazírenské teplotě (-18 °C) nebyla předpokládána výrazná změna jakostních parametrů, proto byly odběry provedeny pouze ve třech termínech. U dalších dvou teplot, chladírenské a skladové (6 a 23 °C), byly naopak předpokládány intenzivní změny později během dvouletého pozorování. Sledování změn při termostatové teplotě (40 °C), ačkoliv bylo plánované po dobu dvou let, se prakticky provádělo pouze jeden rok, jelikož zde byl předpoklad sensorické nepříjemnosti potravin po 12 měsících skladování.

Analýza vzorků probíhala v plánovaných odběrových termínech, jak je uvedeno Tab. 3.2. Ustanovený pracovní postup zahrnoval vždy homogenizaci vzorku před samotnou chemickou analýzou, sterilní odběr vzorku pro mikrobiologickou analýzu, přípravu vzorku pro sensorickou analýzu dle pokynu výrobce na balení vzorku a teplotní temperaci vzorku pro fyzikální analýzy.

Detailní seznam provedených analýz pro konkrétní skladované potraviny je uveden v následující kapitole 3.2 pojednávající o zvolených metodách analýz. Výjimkou byla např. mikrobiologická analýza, která byla provedena v nultém měsíci a pak po 1., 3., 12., a 24. měsíci skladování, a dále chemická analýza bílkovin a tuků v 0., 12. a 24. měsíci skladování.

Tab. 3.2: Obecné schéma očekávaného experimentálního designu pro skladovací experiment I a II *



* A – bramborová kaše s mlékem, B – instantní gulášová polévka, C – slunečnicový olej, D – balkánský sýr, E – předpečené bagety, F – segedínský guláš, G – kuřecí maso ve vlastní šťávě, H – májka lahůdkový vepřový krém, I – tuňák kousky ve vlastní šťávě, J – ovesná kaše jablka, rozinky, skořice, K – müsli křupavé čokoládové, L – džem meruňkovo-jablečný, M – med květový luční, N – nutella, O – instantní nudle, P – kuře na paprice, R – instantní nudlová polévka s hovězí příchutí, S – dobrý hostinec svičková, T – čočka s klobásou, TBARS – sekundární oxidační produkty

3.2 Zvolené metody analýz

Hodnota pH byla stanovena vpichovým pH metrem s pevnou vpichovou elektrodou (Eutech Instruments, Nizozemsko) v homogenizovaném vzorku. Obsah sušiny byl stanoven gravimetricky po vysušení při teplotě 102 ± 2 °C podle normy ČSN 57 0107; ČSN 58 0120. Obsah amoniaku byl stanoven Conwayovou metodou (Buňka, Hrabě, & Kráčmar, 2004). Obsah thiobarbiturového čísla (thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) byl stanoven dle (Kristensen & Skibsted, 1999), výsledky jsou uvedeny v jednotkách absorbance při dané vlnové délce na miligram vzorku ($A_{450} \cdot \text{mg}^{-1}$ nebo $A_{538} \cdot \text{mg}^{-1}$). Obsah bílkovin byl stanoven dle Kjeldahlovy metody s úpravou podle Winklera (Lynch, Barbano, & Fleming, 2002), přepočítávací faktor podle druhu potraviny: pšenice – mouky a těstoviny 5,70; mléko a mléčné výrobky 6,38; ostatní potraviny 6,25. Obsah tuků byl stanoven v Soxhletově extraktoru (Manirakiza *et al.*, 2001).

Obsah cukrů fruktózy, glukózy, galaktózy, sacharózy, maltózy a laktózy byl stanoven pomocí HPLC Shimadzu Prominence (Shimadzu, Japan). Separace byla prováděna na koloně ZORBAX NH₂ 70Å 5 μm (250 x 4.6 mm, Agilent Technologies, USA) s izokratickou elucí a průtokem mobilní fáze 1,4 ml·min⁻¹ při teplotě 23 ± 1 °C. Jako mobilní fáze byla zvolena směs voda:acetonitril v poměru 20:80, eluované cukry byly detekovány pomocí refraktometrického detektoru. Kvantifikace cukrů byla provedena metodou externí kalibrace (Yanniotis, Skaltsi, & Karaburnioti, 2006).

Analýza celkových aminokyselin byla stanovena na automatickém analyzátoru aminokyselin AAA 400 (Ingos, ČR) s kolonou 370 x 3.7 mm (iontoměnič Ostion LG ANG) s postkolonovou ninhydrinovou derivatizací a spektrofotometrickou detekcí (440 nm pro prolin a 570 nm pro ostatní aminokyseliny). Vzorky potravin byly podrobeny kyselé a oxidativní hydrolýze z důvodu rozkladu siřných aminokyselin při kyselé hydrolýze. Cystein a methionin byly stanoveny jako kyselina cysteová a methioninsulfon. Z důvodu konverze amidů na příslušné kyseliny při kyselé hydrolýze byly asparagin a glutamin stanoveny jako kyselina asparagová kyselina glutamová (Kráčmar *et al.*, 1999).

Senzorické hodnocení bylo provedeno smyslovým panelem sestávajícím z vybraných hodnotitelů (zaměstnanci a studenti v doktorském studiu Ústavu technologie potravin) vyškolených podle normy ISO 8586 (2015) na úroveň vybraný posuzovatel anebo expert. Hodnocení probíhalo v senzorické laboratoři vybavené kójiemi, vzorky označené příslušnými kódy byly podávány při teplotě 22 ± 2 °C, u potravin vyžadující tepelnou úpravu byl dodržen postup uváděný výrobcem a vzorky byly podávány ohřáté při teplotě 65 ± 2 °C. Pro posouzení jednotlivých senzorických vlastností (vzhled a barva, konzistence, chuť a vůně – flavour) byla použita sedmibodová ordinální stupnice hédonického typu, zatímco

tuhost, cizí chutě a vůně (off-flavour) byly hodnoceny intenzitní stupnicí. V každém odběrovém termínu byla prováděna senzorická analýza pro posouzení jakosti potravin. V případě, že byla potravina hodnocena dvakrát po sobě v odběrových termínech nevyhovujícím stupněm, byla pro následující odběrový termín vyřazena z experimentu. Tímto způsobem byla eliminována náhodná chyba špatného balení, jež by mohla ovlivnit experiment. Přičemž v měsíci udělení jakékoliv úrovně senzorického hodnocení byla potravina podrobena všem analýzám.

Stanovení zdánlivé viskozity a viskoelastických vlastností bylo provedeno na reometru HAAKE RheoStress 1 (Thermo Scientific, USA) se softwarem RheoWin Job Manager a RheoWin Data Manager. Stanovení zdánlivé viskozity vzorku C-slunečnicový olej a M-med květový luční bylo provedeno za použití geometrie válec/válec (Z10 DIN, štěrbina 2,1 mm) při teplotě $20,0 \pm 0,1$ °C. Do geometrie bylo naváženo 1,50 g medu a v průběhu měření byla monitorována rotace a snímána viskozita. Pro stanovení viskoelastických vlastností vzorku L-džem meruňkovo-jablečný a N-nutella byla použita geometrie deska/deska (MCP 35 a P35 Ti L, průměr 35 mm, štěrbina 1 mm). Teplota při měření byla udržována na $20,0 \pm 0,1$ °C. V průběhu měření byl monitorován elastický modul pružnosti (G') a ztrátový modul pružnosti (G''). Tyto parametry byly určeny jako frekvence funkce v rozmezí 0,05 - 100,00 Hz (amplituda smykového napětí 2 Pa). Komplexní modul (G^*) byl vypočten podle rovnice 3.7. Frekvence 1 Hz byla zvolena jako referenční hodnota pro prezentaci výsledků komplexního modulu G^* (Yanniotis, Skaltsi, & Karaburnioti, 2006; Basu *et al.*, 2011).

Analýza texturního profilu byla provedena na analyzátoru Texture Analyser TA.XT Plus (Stable Micro System, Velká Británie) podle Szczesniak, (2002).

Stanovení celkového počtu aerobních a fakultativně anaerobních mezofilních mikroorganismů bylo provedeno podle normy ISO 4833-1 (2013), počet aerobních a anaerobních mikroorganismů tvořících spory podle Harrigan (1998), počet enterobakterií podle normy ISO 4832 (2006) a počet kvasinek a plísní podle normy ISO 21527-2 (2008).

Výsledky stanovení chemických analýz byly podrobeny statistické analýze s použitím neparametrického Kruskal-Wallisova. Veškerá data získaná senzorickým hodnocením pomocí stupnice byla statisticky vyhodnocena Wilcoxonovým jednostranným testem. Stejně tak byla vyhodnocena data z chromatografických, reologických a texturně profilových analýz. Naměřená data z provedených analýz byla také vyhodnocena pomocí neparametrického Kruskal-Wallisova testu pro testování, pocházejí-li vzorky ze stejné distribuce (Eckschlager, Horsák, & Kodejš, 1980). Všechna statistická hodnocení byla provedena na hladině významnosti 0,05.

4. HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE

4.1 Skladovací pokus I

Z důvodu podobnosti trendů bude z prvního experimentu popsána pouze skladovaná potravina májka lahůdkový vepřový krém.

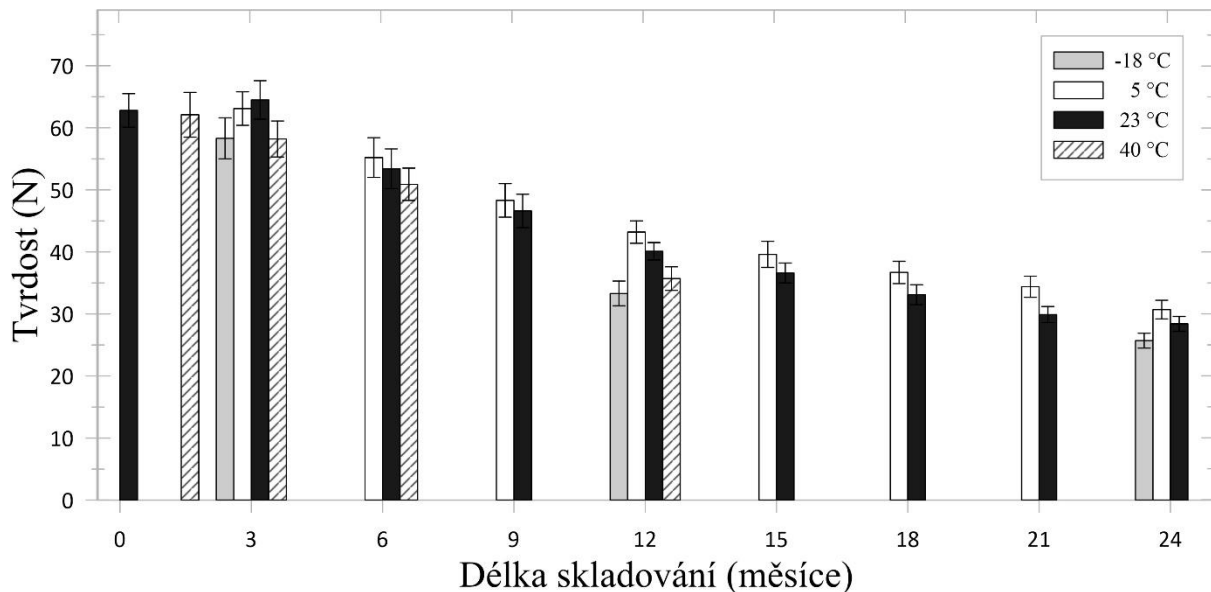
Výsledky mikrobiologických analýz trvanlivých potravin během 24měsíčního skladování ukázaly, že sterilační záhřev v případě konzervovaných potravin, jako je např. májka lahůdkový vepřový krém, byl dostatečný.

Během skladování byl pozorován pokles hodnoty pH u všech skladovaných vzorků při všech použitých teplotách ($P < 0,05$). Vzorek májka lahůdkový vepřový krém byl na počátku skladování charakterizován hodnotou pH $6,04 \pm 0,01$. Během prvních 12 měsíců došlo k poklesu o tři až osm desetin pro teploty od -18 °C po 40 °C . Po 24 měsících byly naměřeny hodnoty $5,65 \pm 0,01$ (-18 °C), $5,17 \pm 0,01$ (6 °C) a $4,96 \pm 0,01$ (23 °C). Ze získaných údajů obsahu sušiny bylo zjištěno, že během prvních 6 měsíců docházelo k největšímu vysoušení vlivem okolních podmínek ($P < 0,05$). Tento trend je přirozeným jevem probíhajícím v potravinách při skladování a byl pozorován po celou dobu experimentu, avšak s prodlužující se dobou skladování probíhal pomaleji. Na počátku skladování byla stanovena hodnota obsahu sušiny $43,58\%$ (w/w) a po 24 měsících $46,03$ až $47,23\%$ (w/w). Obsah tuku i bílkovin byl v průběhu skladování v souladu s nutričními údaji uvedenými výrobcí na obalech. Intervalem vyjádřené hodnoty obsahu tuku byly $1,80 - 1,63\%$ (w/w). Stejně tak je uveden i obsah bílkovin: $22,13 - 21,51\%$ (w/w). V průběhu skladování docházelo k procesu deaminace, a byl pozorován trend vzrůstající koncentrace amoniaku. Původní hodnota 30 mg/kg se 24 měsících navýšila o dvojnásobek ($-18, 6\text{ °C}$) a o trojnásobek (23 °C). V případě vzorků skladovaných při teplotě 40 °C byl pozorován nárůst hodnot o trojnásobek. Během výzkumu bylo pozorováno, že obsah amoniaku u vzorků skladovaných při mrazírenských teplotách se časem postupně také navyšoval. Lze tedy konstatovat, že teploty pod -18 °C nezastavily proces deaminace, nýbrž pouze do jisté míry zpomalily. Sekundární produkty oxidace lipidů byly měřeny jako TBARS a na počátku experimentu byly stanoveny jako $28,2$ jednotek absorbance na miligram vzorku. S prodlužující se dobou skladování docházelo k navyšování hodnot obsahu TBARS, přičemž k nejnižším nárůstům, zdvojnásobení původních hodnot, docházelo ve vzorcích skladovaných při mrazírenské teplotě. Teplota měla velký vliv na tvorbu sekundárních oxidačních produktů, proto při teplotě 40 °C byly naměřeny nejvyšší hodnoty obsahu TBARS a to $102,7$ jednotek absorbance na mg vzorku. V případě vzorků skladovaných při teplotách 6 až 23 °C bylo ve 24 měsíci pozorováno navýšení o dvojnásobek původní hodnoty.

Výsledky texturní analýzy tvrdosti vzorku májka lahůdkový vepřový krém je uveden na

Obr. 4.1. Během prvních třech měsíců nedocházelo k významným změnám v měřených parametrech. V následujících měsících byl zaznamenán pozvolný

pokles hodnoty tvrdosti. Tato změna je v souladu s obsahem sušiny, kdy byla zaznamenána změna postupného navyšování obsahu sušiny ze 43 % (w/w) na 46 % (w/w) během prvních 9 měsíců.



Obr. 4.1: Výsledky tvrdosti (N) během 24měsíčního skladování vzorku májka lahůdkový vepřový krém. Výsledky jsou prezentovány jako průměr \pm SD ($n = 10$)

Zhodnocením celkového obsahu aminokyselin lze jednoznačně konstatovat snížení množství jak vlivem teploty, tak i délkou skladování. Po prvním roce skladování zaznamenány významné rozdíly v celkovém obsahu aminokyselin ($P < 0,05$). Intervalem vyjádřené úbytky od počáteční hodnoty byly 1,64 – 5,75 % (-18, 6 a 23 °C) a o 9,98 % 40 °C ($P < 0,05$). V druhém roce skladování byly rozdíly o 1,88 % (-18 °C), 6,10 % (6 °C) a 10,21 % (23 °C) ($P < 0,05$). Z výsledků je navíc patrný největší úbytek aminokyselin při teplotě 40 °C po 12 měsících a 23 °C po 24 měsících skladování. Podobné trendy publikovaly také např. Kadidlová *et al.*, (2010) a Lazárková *et al.*, (2011).

Májka lahůdkový vepřový krém si za podmínek skladování zachoval celkově dobré hodnocení při všech skladovaných teplotách. Jediný téměř neuspokojivý výsledek byl pozorován ve vzorcích při 40 °C ve 12 měsících (obecně žluknutí, změna barvy a struktury).

4.2 Skladovací pokus II

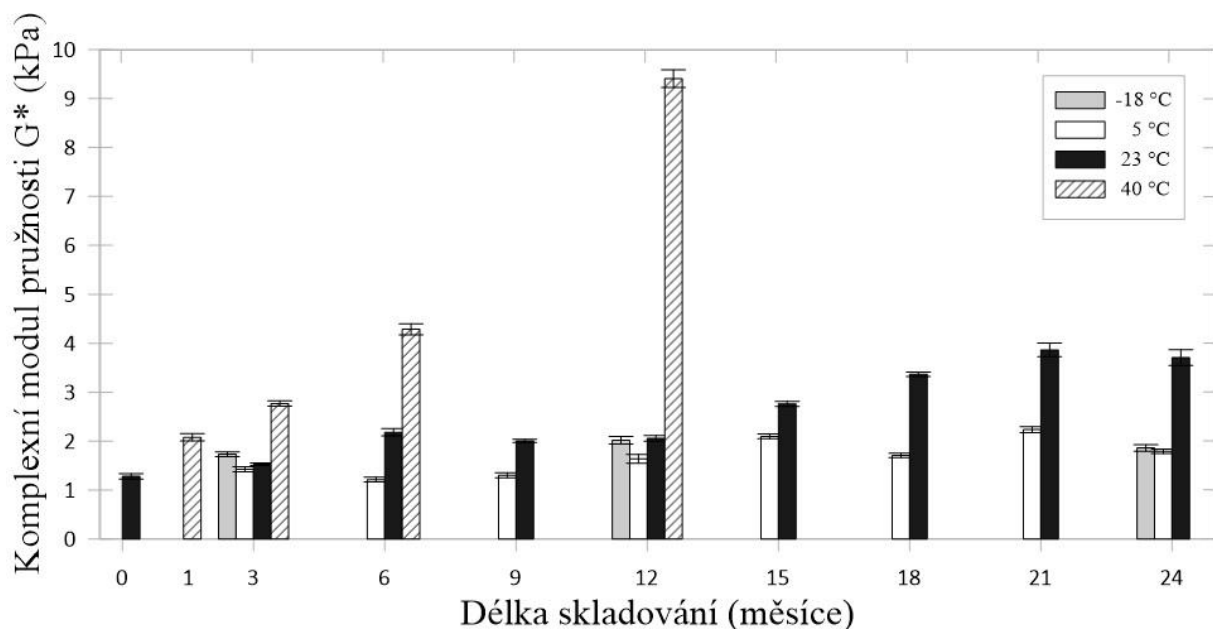
Obdobně, jako u prvního experimentu bude z druhého experimentu popsána pouze skladovaná potravina L-džem meruňkovo-jablečný.

U skladované potraviny džem meruňkovo-jablečný bylo zjištěno množství celkového počtu mikroorganismů v průběhu skladování v intervalu od 10^1 až 10^5 KJT/g. Taktéž, byly provedeny pozitivní odečty aerobních a anaerobních sporulujících mikroorganismů v intervalu 10^1 - 10^2 KJT/g a nálezy kvasinek.

Hodnota pH vzorku džem meruňkovo-jablečný poklesla v průběhu 24měsíčního skladování z původní hodnoty $3,20 \pm 0,01$ o jednu setinu hodnoty pH ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$; $P \geq 0,05$) a o více jak tři desetiny a čtyři desetiny při teplotách $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($P < 0,05$). Hodnota pH ve 12 měsíci při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla $2,81 \pm 0,02$, tedy došlo k poklesu o téměř čtyři desetiny hodnoty pH ($P < 0,05$). Hodnota sušiny byla ve 12 měsíci skladování vyjádřena intervalem v rozmezí 71,32 až 83,03 % (w/w) a ve 24 měsíci skladování 71,72 až 78,92 % (w/w), hodnota naměřená na počátku skladování byla stanovena jako 70,27 % (w/w).

Z prezentovaných dat na

Obr. 4.2 je zřejmé, že v prvních 12 měsících skladování nedocházelo k výrazným změnám v hodnotě komplexního modulu pružnosti. Výjimkou ovšem byly vzorky skladované při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, kde je vidět skokový nárůst pevnosti gelu vzorku ($P < 0,05$). Tyto výsledky jsou v souladu se zvyšujícím se obsahem sušiny popsané dříve. Následně od 12 měsíce je patrný trend navyšování pevnosti gelu zejména při teplotě $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($P < 0,05$). Lze tedy konstatovat, že doba skladování a vyšší teplota mají vliv na zvyšování pevnosti gelu v důsledku vysoušení vzorku a vyvstávání tekutin na povrch vzorku. Ze získaných dat během měření vzorku džem meruňkovo-jablečný byl vypočítán a stanoven ztrátový úhel. Z interpretovaných dat lze konstatovat, že vzorek vykazoval po dobu skladování vlastnosti gelu. Tyto výsledky byly způsobeny nižším obsahem vody a během skladování se strukturní vlastnosti gelu příliš neměnily. Podobné výsledky byly interpretovány ve studii (Gao *et al.*, 2015).

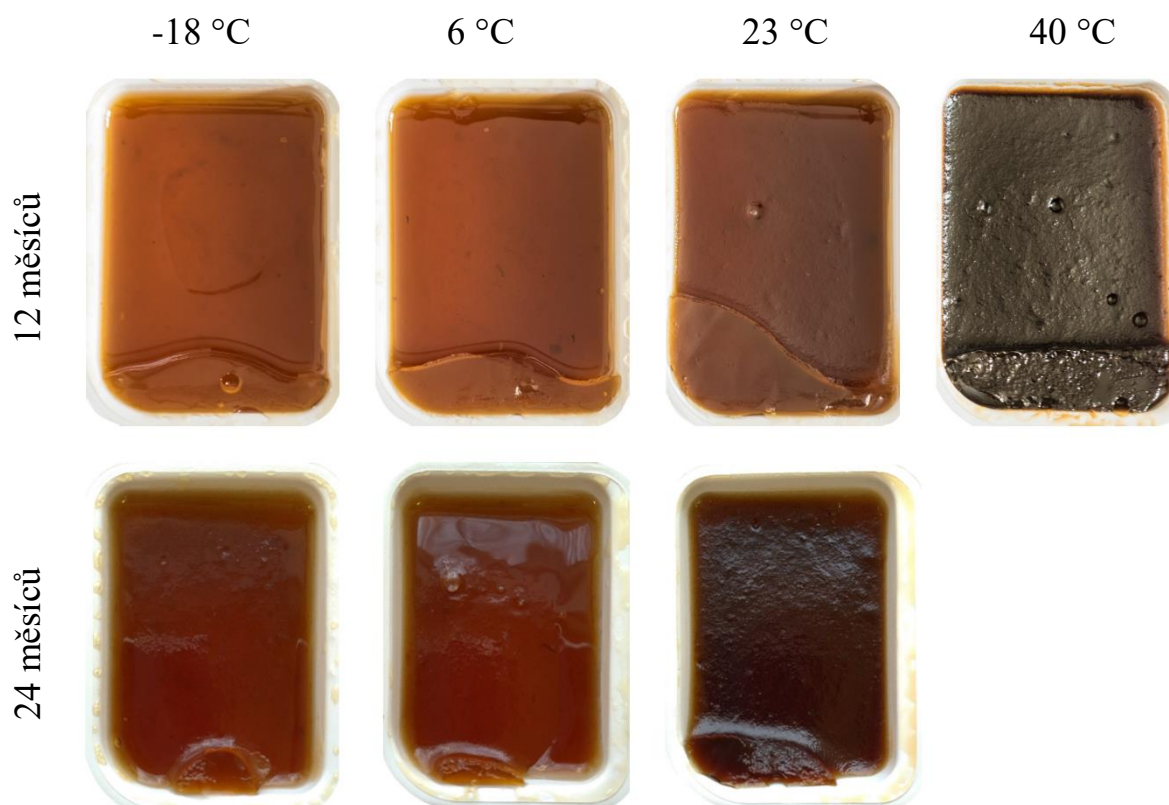


Obr. 4.2: Závislost komplexního modulu pružnosti [G^*] na teplotě a délce skladování džemu meruňkovo-jablečného. Výsledky jsou prezentovány jako průměr \pm SD ($n = 10$)

Chromatografická analýza potvrdila sacharidy sacharózu, fruktózu, glukózu a maltózu. Průměrný obsah těchto zastoupených sacharidů na počátku skladování

byl v poměru 47:28:17:8 %, jenž odpovídá 32,7 g sacharózy, 19,3 g fruktózy, 11,3 g glukózy a 5,1 g maltózy. Průměrný součet stanovených sacharidů při založení experimentu byl 68,2 g/100 g výrobku, výrobce udává obsah sacharidů 69,00 g/100 g. Počáteční stanovený celkový obsah sacharidů se snížil o 0,28 g/100 g (-18 °C); 0,38 g/100 g (5 °C); 0,51 g/100 g (23 °C) po 24měsíčním skladování. V případě teploty 40 °C tomu bylo o 0,57 g/100 g po 12 měsících. V průběhu skladování byl průměrný součet stanovených sacharidů $68,73 \pm 0,55$ g/100 g. Naměřené hodnoty splňují minimální obsah cukrů v džemech podle vyhlášky č. 157/2013 Sb., v platném znění která udává min. 60 % podíl refraktometrické sušiny v džemech.

Vzorky byly v průběhu skladování sensoricky hodnocen velmi dobře, přičemž nejvíce změn bylo zaznamenáno až ve 12 měsíci skladování. Počáteční hodnocení bylo vynikající (vzhled a barva, konzistence, chuť a vůně) a velmi malá intenzita pachutí. Z důvodu navyšování obsahu sušiny se postupně měnila zejména konzistence. Tato zjištění jsou v souladu s výsledky reologické analýzy, taktéž se projeví změny v konzistenci v roztíratelnosti vzorku. S prodlužující se dobou skladování se měnila barva a vzhled (viz Obr. 4.3) u vyšších skladovacích teplot.



Obr. 4.3: Srovnání vzorků džemu meruňkovo-jablečného po 12měsíčním a 24měsíčním skladování při jednotlivých skladovacích teplotách

Zbarvení lze přisoudit Maillardovým reakcím, které jsou podporovány délkou skladování a teplotou. Byla sledována i změna v chuti: u vzorků skladovaných při teplotě 40 °C nebyla s postupem času sledována typická meruňková chuť, přesto sladkost výrobku zůstala zachována po celou dobu experimentu. Během celého

experimentu nebyla ve vzorcích detekována jakákoliv cizí pachut' při všech teplotách, s výjimkou teploty 40 °C ve 12 měsíci (vyšší intenzita pachutí).

4.3 Diskuse

V průběhu dvou let byly skladovány potraviny, které lze rozdělit do následujících celků: trvanlivé dehydratované výrobky (*A-bramborová kaše s mlékem; B-instantní gulášová polévka; O-instantní nudle; R-instantní nudlová polévka s hovězí příchutí; S-dobry hostinec svičková*), jedlý olej (*C-slunečnicový olej*), mléčné výrobky (*D-balkánský sýr*), pečivo (*E-předpečené bagety*), trvanlivé potraviny s obsahem masa, popř. masovou složkou (*F-segedínský guláš; G-kuřecí maso ve vlastní šťávě; H-májka lahůdkový vepřový krém; I-tuňák kousky ve vlastní šťávě; P-kuře na paprice; T-čočka s klobásou*) a trvanlivé potraviny s vyšším obsahem sacharidů, z toho cukrů (*J-ovesná kaše jablka, rozinky, skořice; K-müsli křupavé čokoládové; L-džem meruňkovo-jablečný; M-med květový luční; N-nutella*). Během skladování potravin byla dodržena teplota doporučená výrobcem 6 °C až 25 °C. Teploty -18 °C a 40 °C reprezentují extrémní modelové teploty, ve kterých se mohou potraviny skladovat v případě mimořádného stavu.

Výsledky mikrobiologických kultivačních analýz potvrdily, že v potravinách během trvání skladovacího pokusu, které prošly při své výrobě dostatečným sterilizačním záhřevem, nedošlo k pomnožení nežádoucích mikroorganismů. Jedná se zejména o hermeticky uzavřené obaly, u kterých termosterilace poskytla prakticky sterilní výrobky, u kterých nejsou detekovány především sporující bakterie, které by mohly během skladování vyklíčit a znehodnotit výrobky. Studium doby údržnosti výrobků po termosterilaci se zabývala např. Bubelová *et al.*, (2015). Naopak dehydratace, jak bylo ukázáno u instantní gulášové polévky, a snížení vodní aktivity není dostatečným konzervačním zásahem, který by poskytl kvalitní a bezpečné potraviny v průběhu dvouletého skladování při -18 °C - 40 °C. Toto koresponduje s literaturou, která uvádí, že snížení vodní aktivity pouze zpomalí rozvoj sporulujících bakterií, jak uvádí Stevenson *et al.*, (2015) a Akharume *et al.*, (2018). Prodloužení doby údržnosti a zabránění nežádoucímu množení mikroorganismů může být dosaženo například i netradičními procesy, jako jsou např. vysokotlaké metody Krebbers *et al.*, (2002). Vyšší obsah soli anebo sacharidů obecně inhibuje množení mikroorganismů. Přesto, mohou být v džemech detekovány plísně Ferreira *et al.*, (2004), jenž ostatně bylo sledováno i v této práci. Obdobně, Casalnuovo *et al.*, (2015) poukázal na mikrobiální kontaminaci tuňáků v konzervách. Závěrem lze konstatovat, že mikrobiální růst je často spojován s vývojem nežádoucích pachutí (Egan, Eustace, & Shay, 1988), změnou barvy výrobku (Li *et al.*, 2015) a narušení zdravotní bezpečnosti (Gram *et al.*, 2002; Mills, Donnison, & Brightwell, 2014). Skladování při teplotách pod -5 °C obecně inhibuje růst mikroorganismů (Adam, Flint, & Brightwell, 2010).

Pokles hodnot pH v potravinách je obecně důsledkem hromadění reakčních pochodů, které již dále nejsou metabolizovány v důsledku ukončení života zvířete anebo sklizně rostlinných produktů. Nejvýraznější změny byly pozorovány

během prvního roku skladování, a o to výrazněji, čím byla použita vyšší teplota skladování ($P < 0,05$). Pokles hodnot pH během skladování při 40 °C byl také pozorován v publikaci Bubelová *et al.*, (2015) a Gaucher *et al.*, (2008). Při vyšší teplotě skladování docházelo k rychlejšímu poklesu hodnot pH, tyto změny se podepsaly i na senzoričké analýze. Touati *et al.*, (2014) taktéž pozoroval statisticky významnější ($P < 0,05$) pokles hodnot pH při teplotách 25 °C a 37 °C v porovnání s teplotou 5 °C. Statistickou analýzou bylo navíc potvrzeno, že interakce faktorů času a teploty měly významný vliv na pokles hodnot pH ($P < 0,05$).

Z analýz obsahu sušiny, bílkovin a tuků vyplynulo, že jak kovové obaly, hliníkové obaly s polymerním vnitřním nátěrem, tak i vícevrstevné sáčky poskytují dobré bariérové vlastnosti zejména v prevenci odparu odparu vody, a to po celou dobu skladování 24 měsíců při teplotách -18 °C až 40 °C. Kromě praktického dopadu tohoto zjištění měl tento jev další důsledek, a to zachování obdobného zastoupení obsahu těchto složek, který dovoluje objektivní srovnání výrobků v průběhu času Bubelová *et al.*, (2015) a Kadidlová *et al.*, (2010).

Z analýzy aminokyselin vyplynulo, že existují 3 skupiny aminokyselin dělených dle citlivosti k podmínkám skladování (teplota a délka skladování). Jako velmi stabilní aminokyseliny byly identifikovány fenylalanin, kyselina asparagová, kyselina glutamová, prolin, glycin, alanin, histidin a arginin, dále pak valin, isoleucin, leucin. Zejména poslední tři zmíněné aminokyseliny bývají problematické z hlediska jejich uvolnění ze složitějších (obvykle rostlinných) matic. Toto zjištění koresponduje s pracemi Fountoulakis & Lahm, (1998) a Sarwar *et al.*, (1983). Naopak za méně stabilní či nestabilní byly označeny aminokyseliny s hydroxy skupinou (threonin, serin a tyrosin), obsahující v molekule síru (methionin a cystein) a v neposlední řadě i lyzin, jehož aminová skupiny v pozici ϵ je také považována za reaktivní. S těmito závěry korespondují i práce Darragh *et al.*, (1996); Fountoulakis & Lahm, (1998); Lazárková *et al.*, (2010, 2011); Sarwar *et al.*, (1983); Touati *et al.*, (2014). Vlivem teploty a délky skladování docházelo ke snížení indexu esenciálních aminokyselin, a tím i výživové hodnoty proteinů ($P < 0,05$). Nejnižší hodnoty EAAI byly pozorovány u vzorků skladovaných při teplotě 40 °C.

Nepřímým důkazem ztrát aminokyselin a obecněji průběhu reakcí dusíkatých látek je i nárůst obsahu amoniaku v průběhu dvouletého skladování. Intenzita změn rostla se zvyšující se použitou skladovací teplotou ($P < 0,05$). Tento trend koresponduje se závěry autorů v literatuře Bubelová *et al.*, (2015); Friedman, (1996); Kadidlová *et al.*, (2010); Lazárková *et al.*, (2010, 2011).

Na základě růstu obsahu amoniaku lze předpokládat průběh Maillardových reakcí a Streckerovy degradace aminokyselin, a to i za teplot < 40 °C Friedman, (1996); Holman *et al.*, (2017); Pinheiro *et al.*, (2019). V průběhu skladování bylo pozorováno, že se reakce dusíkatých látek zcela nezastaví ani při mrazírenských teplotách (-18 °C), což koresponduje například s pracemi Holman *et al.*, (2017); Pinheiro *et al.*, (2019). Rovněž lze předpokládat, že některé meziprodukty a

konečné produkty Maillardových reakcí a Streckerovy degradace aminokyselin (zejména karbonylové sloučeniny) ovlivní i organoleptické vlastnosti potravin (Friedman, 1996), jak se ukázalo i v této práci (vzhled, konzistence, chuť, intenzita pachutí).

V průběhu dvouletého skladování při všech čtyřech různých teplotách (-18 °C, 6 °C, 25 °C a 40 °C) byly zaznamenány oxidativní reakce lipidové frakce. Stanovován byl obsah sekundárních produktů oxidace lipidů pomocí metody TBARS, což je přístup, který doporučují ve svých pracích např. Kristensen *et al.*, (2001) a Kristensen & Skibsted, (1999). Hodnoty TBARS rostly s prodlužující se délkou skladování a intenzita nárůstu kladně korelovala se skladovací teplotou. Oxidativní reakce lipidů pravděpodobně stojí i za zhoršení organoleptických vlastností chuti a vůně skladovaných vzorků při teplotách 25 °C a 40 °C (zejména hořkost). Tyto teploty významně podporují oxidativní reakce lipidové frakce. Tato zjištění jsou v souladu například s pracemi Babji *et al.*, (1998); Gokalp *et al.*, (1983); Gomes *et al.*, (2003).

Dvouleté skladování podstatně ovlivnilo i konzistenci sledovaných produktů. Například u vzorku kuřecí maso ve vlastní šťávě a májka lahůdkový vepřový krém lze postupné zhoršování konzistence připsat mimo jiné i snižování tvrdosti, což mohlo být způsobeno reakcemi dusíkatých látek a možným limitovaným štěpením bílkovin (v důsledku chemických reakcí anebo zbytkové aktivity enzymů) Datta *et al.*, (2002); Datta & Deeth, (2001); Friedman, (1996). Obdobně, skladování pečárenských výrobků při nízkých teplotách negativně ovlivňuje těsto a následně poškozují strukturu a tím snižuje konečnou kvalitu pečiva Bárcenas & Rosell, (2006); Selomulyo & Zhou, (2007). Příčinou těchto změn je uvolnění vody při teplotách pod nulou, která tvoří ledové krystaly Bárcenas & Rosell, (2006), Meziani *et al.*, (2012).

Dále, u vzorku džem meruňkovo-jablečný lze postupné zhoršení konzistence sledovat v postupné krystalizaci sacharidů a navyšování obsahu sušiny. Tyto přírodní pochody ovlivňují zdánlivou viskozitu a jsou intenzivnější, čím je použita vyšší skladovací teplota. Studium vlivu přírodních pochodů na reologické vlastnosti popsal blíže Gómez-Díaz *et al.*, (2009). Viskozita medů souvisí s obsahem vody, proto se tyto hodnoty u čínských medů pohybují mezi 0,70 a 19,55 Pa·s Pan Junzheng & Ji Changying, (1998), což jsou hodnoty mnohem nižší než hodnoty naměřené v této disertační práci. Čínské medy totiž obsahují výrazně vyšší obsah vody (19,8 až 29,0%). Oproti tomu české medy obsahují vody méně, v rozmezí 14,47 až 19,07% (med květový) a 14,13 až 19,27% (med smíšený), jak uvádí Vorlová *et al.*, (2018). Medy ze Slovenska obsahují 17,42 až 18,30% vody (med lesní) a 14,80 až 17,86% (med smíšený) Kasperová *et al.*, (2012). Podobný obsah vody byl nalezen i v polských medech Tomczyk *et al.*, (2019). Reologickými studiemi medu je věnována značná pozornost Juszcak & Fortuna, (2006); Mossel *et al.*, (2000); Al-Malah *et al.*, (2001); Zaitoun *et al.*, (2001); Yanniotis *et al.*, (2006). Na základě získaných hodnot z reologických analýz lze konstatovat, že vzorek džemu spadá do kategorie slabých gelů. Toto tvrzení

koresponduje s publikacemi Gao *et al.*, (2015); Clark & Ross-Murphy, (2005); Gunasekaran & Ak, (2000).

V této práci bylo zjištěno, že nedocházelo k výrazným změnám v průměrném celkovém obsahu sacharidů ($P \geq 0,05$). Mírné kolísání průměrného obsahu sacharidů bylo pozorováno u glukózy, sacharózy a maltózy (džem meruňkovo-jablečný) a u fruktózy a glukózy (nutella). Prezentované výsledky se shodují s publikací Chauhan *et al.*, (2013), kteří uvedli, že po dobu skladování 6 měsíců celkový obsah cukru v kokosovém džemu klesl o 0,56 % a 0,87 % při teplotě 28 °C a 37,7 °C. Naproti tomu daleko významnější pokles ($P < 0,05$) obsahu cukrů byl pozorován ve studii Touati *et al.*, (2014), kde hodnoty poklesly o 5,52 %, 9,02 % a 7,46 % po 60 dnech skladování při 5 °C, 25 °C a 37 °C.

V této dlouhodobé studii bylo zjištěno, že při správném dodržení procesu rozmrazení byly potraviny skladované při teplotě -18 °C hodnoceny lépe než potraviny skladované při vyšších teplotách. A to i přes skutečnost, že tato teplota proces degradace biologicky aktivních látek úplně nezpomalila, jak bylo prokázáno použitými metodami fyzikálně-chemických analýz. Tento trend koresponduje se závěry autorů v literatuře Alonso *et al.*, (2016); Custódio *et al.*, (2018); Fan *et al.*, (2009).

Doba skladování podstatně ovlivnila i vzhled vzorků, zejména pak barvu, na kterou jsou spotřebitelé velmi při výběru potravin citliví. Po 60 dnech skladování džemů, kterou provedl Touati *et al.*, (2014), byl tento parametr významně snížen z počáteční žluté až do načervenalého tónu. Barevné změny byly pozorovány i v této práci, přičemž příčiny lze hledat v tvorbě hnědých pigmentů Maillardových reakcí. Podobné výsledky uvádí i Wicklund *et al.*, (2005) při studiu změn hodnot dle L^* , a^* , b^* (CIE Lab hodnoty) jahodových džemů skladovaných při 4 °C a 20 °C.

Ačkoliv výrobce doporučuje skladovat většinu potravin při teplotě přibližně 23 °C, z prezentovaných výsledků bylo zjištěno, že teplota 6 °C je pro dlouhodobé skladování potravin výhodnější. Vzorky potravin si po dobu skladování při chladírenské teplotě udržely přijatelné hodnocení. Ke stejnému závěru dospěl i Rodríguez *et al.*, (2003), který porovnával skladované potraviny v rozmezí teplot 4,4 °C až 37,8 °C. Naproti tomu teplota 23 °C neposkytovala po dvouletou dobu experimentu tak dobré sensorické hodnocení jako teplota 6 °C. Zvýšená teplota omezuje dobu skladování, přičemž stejný závěr byl publikován ve studii Kince *et al.*, (2017). Proto potraviny skladované při teplotě 40 °C byly hodnoceny nejhůře, jelikož vyšší teplota se negativně promítla na výsledném chemickém a sensorickém hodnocení. Nejčastěji byly popsány, a to i již po třech měsících, intenzivní pachutě spolu s nevyhovujícím vzhledem.

Shrneme-li celkově výsledky provedených analýz a podrobíme je kritickému pohledu z hlediska jakosti a zdravotní nezávadnosti studovaných potravin, je možné dospět k názoru, že existuje při určitých skladovacích teplotách kritická doba, po kterou si potraviny ponechají své typické vlastnosti. Její překročení je již spojeno s výrazným ohrožením kvality a zdravotní nezávadnosti těchto produktů. Tyto kombinace skladovací teploty a kritické doby skladování jsou

uvedeny v Tab. 4.1. Ze získaných dat a interpretovaných výsledků lze doporučit pro dlouhodobé skladování teploty $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. V případě mrazírenské teploty je nutnost dodržení správného rozmrazovacího postupu, jinak může docházet ke zhoršení sensorické jakosti. V případě nevyhnutí, lze použít pro jisté potraviny teplotu $23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro dlouhodobé skladování se nedoporučuje testovaná teplota $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tab. 4.1 může také sloužit jako návrh pro použití testovaných potravin jako dávky potravin pro řešení mimořádných situací v případě vyhlášení krizového stavu. V případě možného zařazení potravin do BDP lze na základě výsledků navrhnout tyto potraviny: májka lahůdkový vepřový krém, tuňák kousky ve vlastní šťávě a čočka s klobásou.

Tab. 4.1: Přehled kritických teplot a časů použitelnosti výrobků

Kód	Potravina	Kritická teplota a čas			
		$-18\text{ }^{\circ}\text{C}$	$6\text{ }^{\circ}\text{C}$	$23\text{ }^{\circ}\text{C}$	$40\text{ }^{\circ}\text{C}$
A	Bramborová kaše s mlékem	≤ 24	≤ 21	≤ 18	≤ 3
B	Instantní gulášová polévka	≤ 24	≤ 24	≤ 15	≤ 6
D	Balkánský sýr	≤ 3	≤ 9	≤ 3	≤ 1
E	Předpečené bagety	≤ 12	≤ 9	≤ 6	≤ 3
F	Segedínský guláš	≤ 24	≤ 18	≤ 18	≤ 12
G	Kuřecí maso ve vlastní šťávě	< 24	≤ 18	≤ 18	≤ 3
H	Májka lahůdkový vepřový krém	≤ 24	≤ 24	≤ 24	≤ 12
I	Tuňák kousky ve vlastní šťávě	≤ 24	≤ 24	≤ 24	≤ 9
J	Ovesná kaše jablka, rozinky, skořice	≤ 24	≤ 12	≤ 12	≤ 6
K	Müsli křupavé čokoládové	≤ 24	≤ 9	≤ 9	≤ 6
L	Džem meruňkovo-jablečný	≤ 24	≤ 24	≤ 24	≤ 12
M	Med květový luční	≤ 24	≤ 24	≤ 24	≤ 12
N	Nutella	≤ 24	≤ 9	≤ 9	≤ 6
O	Instantní nudle	≤ 24	≤ 24	≤ 12	≤ 12
P	Kuře na paprice	≤ 24	≤ 24	≤ 24	≤ 6
R	Instantní nudlová polévka s hovězí příchutí	≤ 24	≤ 24	≤ 21	≤ 12
S	Dobry hostinec svíčková	≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12
T	Čočka s klobásou	≤ 24	≤ 24	≤ 24	≤ 12

5. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

Hlavním přínosem práce bylo ověření použitelnosti potravin pro zabezpečení výživy obyvatelstva v krizových stavech z dostupných potravin v potravinových řetězcích. Jelikož je žádoucí, abychom byli na příslušné situace připraveni. Přičemž nezbytnou podmínkou je zajištění výživy jak příslušníků Integrovaného záchranného systému, tak civilního obyvatelstva. Dalším přínosem této práce je popis změn potravin během skladování za různých teplot.

Přínos pro vědu:

- provedení dlouhodobé studie údržnosti potravin za stejných a vzájemně porovnatelných podmínek,
- vytipování potravin a podrobení skladování při čtyřech rozdílných teplotních podmínkách,
- charakteristika změn probíhajících během dlouhodobého skladování při různých skladovacích teplotách,
- obohacení literatury o data pocházející ze skladování potravin při teplotě 40 °C, ze kterých je možné odvodit údržnost potravin za zvýšených teplot,
- širší náhled na danou komplexní problematiku z pohledu mikrobiologie, fyzikálně-chemických analýz, reologie, textury a sensorického hodnocení.

Přínos pro praxi:

- návrh rychle dostupných dávek potravin pro krátkodobé krizové stavy s využitím nabídky velkoplošných prodejen,
- návrh dostupných dávek potravin v krizových stavech s využitím nabídky výrobců pro dlouhodobého období,
- návrh na podmínky skladování potravin vzhledem k možným ztrátám významných nutričních faktorů a snížení sensorické jakosti,
- podklady pro zabezpečování obyvatelstva v mimořádných situacích, případně také pro tvorbu zásobovacích plánů pro zahraniční mise.

6. ZÁVĚR

Cílem disertační práce bylo sledovat jakostní změny vybraných trvanlivých potravin v průběhu dvouročního skladovacího období za čtyř různých teplot simulujících arktické podmínky, mírné, subtropické a tropické klima. Během skladování byly monitorovány biologické, chemické, fyzikální a organoleptické stability potravin za těchto rozdílných podmínek.

- Teplota a doba skladování významně ovlivnily sledované parametry,
- u většiny analyzovaných potravin došlo již během prvního roku skladování k výrazným změnám (teplota 23 °C a 40 °C),
- nejméně výrazné změny byly pozorovány u vzorků skladovaných při teplotě -18 °C a 6 °C,
- teplota 6 °C se jeví jako vhodná (z testovaných) pro dlouhodobé skladování,
- použitá teplota 23 °C poskytla ve většině případů uspokojivé výsledky,
- signifikantně významné změny byly pozorovány u vzorků skladovaných při teplotě 40 °C,
- obsah aminokyselin v potravinách se významně snížil v průběhu skladování (zejména při vyšší skladovací teplotě),
- obsah amoniaku v potravinách se navyšoval, především vlivem vyšší skladovací teploty,
- senzorická jakost potravin byla ovlivněna skladovacími podmínkami, přičemž zhoršení jakosti bylo zaznamenáno hlavně na chuti a vůni.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Adam, Katharine H., Steve H. Flint, and Gale Brightwell. 2010. "Psychrophilic and Psychrotrophic Clostridia: Sporulation and Germination Processes and Their Role in the Spoilage of Chilled, Vacuum-Packaged Beef, Lamb and Venison." *International Journal of Food Science & Technology* 45 (8): 1539–44. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02320.x>.
- Akharume, Felix, Kaushlendra Singh, Jacek Jaczynski, and Litha Sivanandan. 2018. "Microbial Shelf Stability Assessment of Osmotically Dehydrated Smoky Apples." *LWT - Food Science and Technology* 90 (April): 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.012>.
- Akoh, Casimir, and David Min. 2002. *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biochemistry*. 2nd ed. New York: M. Dekker, Food science and technology (Marcel Dekker, Inc.).
- Al-Malah, Kamal I.M., Basim Abu-Jdayil, Shahera Zaitoun, and Abd Al Majeed Ghzawi. 2001. "Application of WLF and Arrhenius Kinetics to Rheology of Selected Dark-Colored Honey." *Journal of Food Process Engineering* 24 (5): 341–57. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2001.tb00548.x>.
- Alonso, Verónica, Erica Muela, Javier Tenas, Juan Benito Calanche, Pedro Roncalés, and José A. Beltrán. 2016. "Changes in Physicochemical Properties and Fatty Acid Composition of Pork Following Long-Term Frozen Storage." *European Food Research and Technology* 242 (12): 2119–27. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2708-y>.
- Babji, A. S., S. Y. Chin, M. Y. Seri Chempaka, and A. R. Alina. 1998. "Quality of Mechanically Deboned Chicken Meat Frankfurter Incorporated with Chicken Skin." *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 49 (5): 319–26. <https://doi.org/10.3109/09637489809089405>.
- Bárcenas, María Eugenia, and Cristina M. Rosell. 2006. "Effect of Frozen Storage Time on the Bread Crumb and Aging of Par-Baked Bread." *Food Chemistry* 95 (3): 438–45. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.023>.
- Basu, Santanu, U. S. Shivhare, T. V. Singh, and V. S. Beniwal. 2011. "Rheological, Textural and Spectral Characteristics of Sorbitol Substituted Mango Jam." *Journal of Food Engineering* 105 (3): 503–12. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.014>.
- Belitz, H. D., W. Grosch, and P. Schieberle. 2009. *Food Chemistry*. 4th, rev. ed. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Bendicho, S., G. V. Barbosa-Cánovas, and O. Martín. 2003. "Reduction of Protease Activity in Milk by Continuous Flow High-Intensity Pulsed Electric Field Treatments." *Journal of Dairy Science* 86 (3): 697–703. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73649-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73649-2).
- Berg, Jeremy, Tymoczko J. and Stryel L. 2012. *Biochemistry*. 7th ed. New York: W.H. Freeman and Company.
- Bubelová, Zuzana, Bohuslava Tremlová, Leona Buňková, Matej Pospiech, Eva Vítová, and František Buňka. 2015. "The Effect of Long-Term Storage on the Quality of Sterilized Processed Cheese." *Journal of Food Science and Technology* 52 (8): 4985–93. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1530-4>.
- Buňka, František, Jan Hrabě, and Stanislav Kráčmar. 2004. "The Effect of Sterilisation on Amino Acid Contents in Processed Cheese." *International Dairy Journal* 14 (9): 829–31. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.02.008>.
- Casalinuovo, Francesco, Teresa Gazzotti, Paola Rippa, Lucia Ciambrone, Rosanna Musarella, and Elena Praticò. 2015. "Microbiological Stability of Canned Tuna Produced in Italy and in Non-

- European Countries.” *Italian Journal of Food Safety* 4 (1): 58–61.
<https://doi.org/10.4081/ijfs.2015.4780>.
- Chauhan, O. P., B. S. Archana, Asha Singh, P. S. Raju, and A. S. Bawa. 2013. “Utilization of Tender Coconut Pulp for Jam Making and Its Quality Evaluation During Storage.” *Food and Bioprocess Technology* 6 (6): 1444–49. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0920-8>.
- Clark, Allan H., and Simon B. Ross-Murphy. 2005. “Structural and Mechanical Properties of Biopolymer Gels.” *Biopolymers*, 57–192. <https://doi.org/10.1007/bfb0023332>.
- ČSN 57 0107. Metody Zkoušení Sýrů, Tvarohů, Krémů a Pomazánek. Praha: Úřad pro Technickou Normalizaci, Metrologii a Státní Zkušebnictví, 1966. Třídící Znak 570107.
- ČSN 58 0120. Metody Zkoušení Hotových Jidel a Polotovarů Jidel. Praha: Úřad pro Technickou Normalizaci, Metrologii a Státní Zkušebnictví, 1968. Třídící Znak 580120.
- Čuboň J., Haščík P., Kačániová M., Kunová S., Bobko M., Pavelková A., Kročko M., Cviková P., Trembecká L., Tkáčová J. 2017. “Nekonvenčné Metódy Devitalizácie Mikroorganizmov v Gastronomických Surovinách = Unconventional Methods of Microorganism Devitalization in Gastronomic Raw Materials.” *In Journal of Tourism, Hospitality and Commerce* 8(1): 15–30.
- Custódio, Flávia Beatriz, Milton C. Vasconcelos-Neto, Karine H. Theodoro, Renan Campos Chisté, and Maria Beatriz A. Gloria. 2018. “Assessment of the Quality of Refrigerated and Frozen Pork by Multivariate Exploratory Techniques.” *Meat Science* 139 (May): 7–14.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.01.004>.
- Darragh, Alison J, Dorian J Garrick, Paul J Moughan, and Wouter H Hendriks. 1996. “Correction for Amino Acid Loss during Acid Hydrolysis of a Purified Protein 1.” *ANALYTICAL BIOCHEMISTRY* 236: 199–207.
- Datta, N., and H. C. Deeth. 2001. “Age Gelation of UHT Milk—A Review.” *Food and Bioprocess Technology* 79 (4): 197–210. <https://doi.org/10.1205/096030801753252261>.
- Datta, N., A. J. Elliott, M. L. Perkins, and H. C. Deeth. 2002. “Ultra-High-Temperature (UHT) Treatment of Milk: Comparison of Direct and Indirect Modes of Heating.” *Australian Journal of Dairy Technology* 57 (3): 211–27.
- Davídek, Jiří. 1991. *Chemie Potravin: Určeno pro Posl. Fak. Potravinářské a Biochemické Technologie*. Edited by Učební texty vysokých škol. 2nd ed. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická.
- Delgado-Andrade, Cristina, Isabel Seiquer, Ana Haro, Rosa Castellano, and M. Pilar Navarro. 2010. “Development of the Maillard Reaction in Foods Cooked by Different Techniques. Intake of Maillard-Derived Compounds.” *Food Chemistry* 122 (1): 145–53.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.031>.
- E.A., Maged, and Ayman H. Amer Eiss. 2012. “Pulsed Electric Fields for Food Processing Technology.” *In Structure and Function of Food Engineering*. Egypt: InTech.
<https://doi.org/10.5772/48678>.
- Eckschlager, Karel, Ivan Horsák, and Zdeněk Kodejš. 1980. “Vyhodnocování Analytických Výsledků a Metod.” Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury.
- Egan, A. F., I. J. Eustace, and B. J. Shay. 1988. “Meat Packaging - Maintaining the Quality and Prolonging the Storage Life of Chilled Beef, Pork and Lamb.” *Meat 88: Proceedings of Industry Day*, 98–75.
- Fan, Wenjiao, Junxiu Sun, Yunchuan Chen, Jian Qiu, Yan Zhang, and Yuanlong Chi. 2009. “Effects

- of Chitosan Coating on Quality and Shelf Life of Silver Carp during Frozen Storage.” *Food Chemistry* 115 (1): 66–70. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.060>.
- Ferreira, Isabel M.P.L.V.O., Nazaré Pestana, M. Rui Alves, Fernando J.M. Mota, Cristina Reu, Sara Cunha, and M. Beatriz P.P. Oliveira. 2004. “Quince Jam Quality: Microbiological, Physicochemical and Sensory Evaluation.” *Food Control* 15 (4): 291–95. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00079-3](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00079-3).
- Foltin, Pavel, Martin Brunclík, Vojtěch Ondryhal, and Lukás Vogal. 2018. “Usability Of Performance Indicators Of Logistics Infrastructure Availability In Supply Chain Designing.” *Business Logistics in Modern Management* 18: 157–70. <https://ideas.repec.org/a/osi/bulimm/v18y2018p157-170.html>.
- Fountoulakis, Michael, and Hans Werner Lahm. 1998. “Hydrolysis and Amino Acid Composition Analysis of Proteins.” *Journal of Chromatography A* 826 (2): 109–34. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(98\)00721-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(98)00721-3).
- Friedman, Mendel. 1996. “Food Browning and Its Prevention: An Overview.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44 (3). <https://doi.org/10.1021/jf950394r>.
- Gao, Xin, Tongtong Guo, Fei Han, Yu Tian, and Zhaohui Zhang. 2015. “Rheological and Sensory Properties of Four Kinds of Dark Chocolates.” *American Journal of Analytical Chemistry* 06 (13): 1010–18. <https://doi.org/10.4236/ajac.2015.613096>.
- Gaucher, Isabelle, Daniel Mollé, Valérie Gagnaire, and Frédéric Gaucheron. 2008. “Effects of Storage Temperature on Physico-Chemical Characteristics of Semi-Skimmed UHT Milk.” *Food Hydrocolloids* 22 (1): 130–43. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.04.007>.
- Gokalp, Husnu Y., Herbert W. Ockerman, Rodney F. Plimpton, and W. James Harper. 1983. “Fatty Acids of Neutral and Phospholipids, Rancidity Scores and TBA Values as Influenced by Packaging and Storage.” *Journal of Food Science* 48 (3): 829–34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb14910.x>.
- Gomes, Heliana De Azevedo, Edir Nepomuceno Da Silva, Marcos Roberto Lopes do Nascimento, and Henrique Takuji Fukuma. 2003. “Evaluation of the 2-Thiobarbituric Acid Method for the Measurement of Lipid Oxidation in Mechanically Deboned Gamma Irradiated Chicken Meat.” *Food Chemistry* 80 (3): 433–37. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00499-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00499-5).
- Gómez-Díaz, Diego, José M. Navaza, and Lourdes C. Quintáns-Riveiro. 2009. “Effect of Temperature on the Viscosity of Honey.” *International Journal of Food Properties* 12 (2): 396–404. <https://doi.org/10.1080/10942910701813925>.
- Gram, Lone, Lars Ravn, Maria Rasch, Jesper Bartholin Bruhn, Allan B Christensen, and Michael Givskov. 2002. “Food Spoilage--Interactions between Food Spoilage Bacteria.” *International Journal of Food Microbiology* 78 (1–2): 79–97. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(02\)00233-7](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(02)00233-7).
- Gunasekaran, Sundaram, and M. Mehmet Ak. 2000. “Dynamic Oscillatory Shear Testing of Foods - Selected Applications.” *Trends in Food Science and Technology* 11 (3): 115–27. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00058-3](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00058-3).
- Harrigan, W. F. 1998. *Laboratory Methods in Food Microbiology*. San Diego: Academic Press.
- Holman, Benjamin W.B., Cassius E.O. Coombs, Stephen Morris, Matthew J. Kerr, and David L. Hopkins. 2017. “Effect of Long Term Chilled (up to 5 Weeks) Then Frozen (up to 12 Months) Storage at Two Different Sub-Zero Holding Temperatures on Beef: 1. Meat Quality and Microbial Loads.” *Meat Science* 133 (November): 133–42. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.06.015>.

- Ingr, Ivo. 2007. *Základy Konzervace Potravin*. Vyd. 3. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.
- ISO. 2006. ISO Standard No. 4832:2006: Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the enumeration of coliforms -- Colony-count technique. 3. ISO/TC 34/SC 9 Microbiology. 2006, issued 2006.
- . 2008. ISO Standard No. 21527-2: Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds — Part 1: colony count technique in products with water activity less than or equal to 0,95, issued 2008.
- . 2013. ISO Standard No. 4833-1: Microbiology of the food chain -- Horizontal method for the enumeration of microorganisms -- Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique., issued 2013.
- . 2015. ISO Standard No. 8586:2012: Senzorická Analýza – Obecná Směrnice pro Výběr, Výcvik a Sledování Činnosti Vybraných Posuzovatelů a Odborných Senzorických Posuzovatelů.
- Juszczak, Lesław, and Teresa Fortuna. 2006. “Rheology of Selected Polish Honeys.” *Journal of Food Engineering* 75 (1): 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.049>.
- Kadidlová, Helena, Zuzana Ciprysová, Ignác Hoza, and Budinský Pavel. 2010. “The Effect of Long-Term Storage on Amino Acid Content of Ready-to-Eat Entrées.” *International Journal of Food Science & Technology* 45 (5): 966–70. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02216.x>.
- Kadlec, Pavel, Karel Melzoch, and Michal Voldřich. 2009. *Co Byste Měli Vědět o Výrobě Potravin?* 1st ed. Ostrava: Key Publishing.
- Kasperová, Jana, Jozef Nagy, Peter Popelka, Zuzana Dičáková, Alena Nagyová, and Pavel Maľa. 2012. “Physico-Chemical Indicators and Identification of Selected Slovak Honeys Based on Colour Measurement.” *Acta Veterinaria Brno* 81 (1): 57–61. <https://doi.org/10.2754/avb201281010057>.
- Kince, Tatjana, Ruta Galoburda, Dace Klava, Lolita Tomsone, Santa Senhofa, Evita Straumite, Garry Kerch, et al. 2017. “Breakfast Cereals with Germinated Cereal Flakes: Changes in Selected Physical, Microbiological, and Sensory Characteristics during Storage.” *European Food Research and Technology* 243 (9): 1497–1506. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2859-5>.
- Kráčmar, S, S. Gajdůšek, P. Jelínek, L. Zeman, V. Kozel, M. Kozlová and E. Kráčmarová. 1999. “Changes in Amino Acids Composition of Goats Colostrums during the First 72 Hours after Birth.” *Czech Journal of Animal Science* 44: 541–545.
- Krebbbers, B., A. M. Matsers, M. Koets, and R. W. Van Den Berg. 2002. “Quality and Storage-Stability of High-Pressure Preserved Green Beans.” *Journal of Food Engineering* 54 (1): 27–33. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00182-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00182-0).
- Kristensen, Dorthe, Eva Hansen, Allan Arndal, Rikke Appelgren Trinderup, and Leif H Skibsted. 2001. “Influence of Light and Temperature on the Colour and Oxidative Stability of Processed Cheese.” *International Dairy Journal* 11 (10): 837–43. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00105-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00105-4).
- Kristensen, Dorthe, and Leif H. Skibsted. 1999. “Comparison of Three Methods Based on Electron Spin Resonance Spectrometry for Evaluation of Oxidative Stability of Processed Cheese.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47 (8): 3099–3104. <https://doi.org/10.1021/jf981396p>.
- Kyzlink, Vladimír, 1915-2008. 1988. *Teoretické Základy Konzervace Potravin*. 1st ed. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury.

- Lazárková, Zuzana, František Buňka, Leona Buňková, Felix Holáň, Stanislav Kráčmar, and Jan Hrabě. 2011. "The Effect of Different Heat Sterilization Regimes on the Quality of Canned Processed Cheese." *Journal of Food Process Engineering* 34 (6): 1860–78. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2009.00376.x>.
- Lazárková, Zuzana, František Buňka, Leona Buňková, Pavel Valášek, Stanislav Kráčmar, and Jan Hrabě. 2010. "Application of Different Sterilising Modes and the Effects on Processed Cheese Quality." *Czech Journal of Food Sciences* 28 (3): 168–76. <https://doi.org/10.17221/44/2008-cjfs>.
- Li, S., G. Zamaratskaia, S. Roos, K. Båth, J. Meijer, E. Borch, and M. Johansson. 2015. "Inter-Relationships between the Metrics of Instrumental Meat Color and Microbial Growth during Aerobic Storage of Beef at 4°C." *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences* 65 (2): 97–106. <https://doi.org/10.1080/09064702.2015.1072579>.
- Lynch, Joanna M, David M Barbano, and J Richard Fleming. 2002. "Determination of the Total Nitrogen Content of Hard, Semihard, and Processed Cheese by the Kjeldahl Method: Collaborative Study." *Journal of AOAC International* 85 (2): 445–55. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11990031>.
- Manirakiza, P., A. Covaci, and P. Schepens. 2001. "Comparative Study on Total Lipid Determination Using Soxhlet, Roese-Gottlieb, Bligh & Dyer, and Modified Bligh & Dyer Extraction Methods." *Journal of Food Composition and Analysis* 14 (1): 93–100. <https://doi.org/10.1006/jfca.2000.0972>.
- Meziani, Smail, Jordane Jasniewski, Pablo Ribotta, Elmira Arab-Tehrany, Jean Marc Muller, Mohamed Ghoul, and Stéphane Desobry. 2012. "Influence of Yeast and Frozen Storage on Rheological, Structural and Microbial Quality of Frozen Sweet Dough." *Journal of Food Engineering* 109 (3): 538–44. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.026>.
- Mills, John, Andrea Donnison, and Gale Brightwell. 2014. "Factors Affecting Microbial Spoilage and Shelf-Life of Chilled Vacuum-Packed Lamb Transported to Distant Markets: A Review." *Meat Science* 98 (1): 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.002>.
- Mossel, Brenda, Bhesh Bhandari, Bruce D'Arcy, and Nola Caffin. 2000. "Use of an Arrhenius Model to Predict Rheological Behaviour in Some Australian Honeys." *LWT - Food Science and Technology* 33 (8): 545–52. <https://doi.org/10.1006/fstl.2000.0714>.
- Pan Junzheng, and Ji Changying. 1998. "General Rheological Model for Natural Honeys in China." *Journal of Food Engineering* 36 (2): 165–68. [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(98\)00050-8](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(98)00050-8).
- Parker, Nina, Mark Schneegurt, Anh-Hue Thi Tu, Brian M. Forster, and Philip Lister. 2016. *Microbiology*. Houston, Texas: OpenStax.
- Pinheiro, Rafael S.B., Caroline L. Francisco, Diego M. Lino, and Hirasilva Borba. 2019. "Meat Quality of Santa Inês Lamb Chilled-Then-Frozen Storage up to 12 months." *Meat Science* 148 (February): 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.09.017>.
- Rodríguez, J. J., G. I. Olivas, D. R. Sepúlveda, H. Warner, S. Clark, and G. V. Barbosa-Cánovas. 2003. "Shelf-Life Study of Retort Pouch Black Bean and Rice Burrito Combat Rations Packaged at Selected Residual Gas Levels." *Journal of Food Quality* 26 (5): 409–24. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2003.tb00256.x>.
- Sarwar, G., D. A. Christensen, A.J. Finlayson, M. Friedman, L. R. Hackler, S. L. Mackenzie, P. L. Pellett, and R. Tkachuk. 1983. "Inter- and Intra-Laboratory Variation in Amino Acid Analysis of Food Proteins." *Journal of Food Science* 48 (2): 526–31. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.1983.TB10781.X>.
- Selomulyo, Vania Octaviani, and Weibiao Zhou. 2007. "Frozen Bread Dough: Effects of Freezing

- Storage and Dough Improvers.” *Journal of Cereal Science* 45 (1): 1–17.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.10.003>.
- STANAG. 2015. STANAG 2937 (Ed. 5.). 2015. Requirements of individual operational rations for military use. Brusel: NATO, issued 2015.
- Státní Hmotné Rezervy SHR [Online]. Česká Republika, 2009. Accessed July 30, 2019.
<https://www.sshr.cz/>.
- Stevenson, Andrew, Jonathan A Cray, Jim P Williams, Ricardo Santos, Richa Sahay, Nils Neuenkirchen, Colin D McClure, et al. 2015. “Is There a Common Water-Activity Limit for the Three Domains of Life?” *The ISME Journal* 9: 1333–51. <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.219>.
- Szczesniak, Alina Surmacka. 2002. “Texture Is a Sensory Property.” *Food Quality and Preference* 13 (4): 215–25. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8).
- Tanner, David. 2016. “Impacts of Storage on Food Quality.” In *Reference Module in Food Science*. Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03479-x>.
- Tomczyk, M., M. Tarapatsky, and M. Džugan. 2019. “The Influence of Geographical Origin on Honey Composition Studied by Polish and Slovak Honeys.” *Czech J. Food Sci* 37: 232–38.
- Touati, Nouredine, Martha Patricia Tarazona-Díaz, Encarna Aguayo, and Hayette Louaileche. 2014. “Effect of Storage Time and Temperature on the Physicochemical and Sensory Characteristics of Commercial Apricot Jam.” *Food Chemistry* 145 (February): 23–27.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.037>.
- Tulach, Petr, and Pavel Foltin. 2019. “Research Methods In Humanitarian Logistics – Current Approaches And Future Trends.” *Business Logistics in Modern Management* 19: 459–74.
<https://ideas.repec.org/a/osi/bulimm/v19y2019p459-474.html>.
- Velíšek, Jan, and Jana Hajšlová. 2009. *Chemie Potravin 1*. 3rd ed. Tábor: OSSIS.
- Vorlová, L., R. Karpíšková, I. Chabinioková, K. Kalábová, and Z. Brázdová. 2018. “The Antimicrobial Activity of Honeys Produced in TheCzech Republic.” *Czech Journal of Animal Science* 50 (No. 8): 376–84. <https://doi.org/10.17221/4180-cjas>.
- “Vyhláška č. 157/2013 Sb.,: Kterou Se Stanoví Požadavky pro Čerstvé Ovoce a Čerstvou Zeleninu, Zpracované Ovoce a Zpracovanou Zeleninu, Suché Skořápkové Plody, Houby, Brambory a Výrobky z Nich, Jakož i Další Způsoby Jejich Označování, Sbíрка Zákonů 2013.” n.d.
- Wicklund, Trude, Hans J. Rosenfeld, Berit K. Martinsen, Margareth W. Sundfjør, Per Lea, Tor Bruun, Rune Blomhoff, and Karin Haffner. 2005. “Antioxidant Capacity and Colour of Strawberry Jam as Influenced by Cultivar and Storage Conditions.” *LWT - Food Science and Technology* 38 (4): 387–91. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.06.017>.
- Yanniotis, S., S. Skaltsi, and S. Karaburnioti. 2006. “Effect of Moisture Content on the Viscosity of Honey at Different Temperatures.” *Journal of Food Engineering* 72 (4): 372–77.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.017>.
- Zaitoun, Shahera, Abd Al Majeed Ghzawi, Kamal I.M. Al-Malah, and Basim Abu-Jdayil. 2001. “Rheological Properties of Selected Light Colored Jordanian Honey.” *International Journal of Food Properties* 4 (1): 139–48. <https://doi.org/10.1081/JFP-100002192>.
- Zákon č. 239/2000 Sb.,: Zákon o Integrovaném Záchranném Systému a o Změně Některých Zákonů, v Platném Znění. Sbíрка Zákonů, 2000.
- Zákon č. 240/2000 Sb.,: Zákon o Krizovém Řízení a o Změně Některých Zákonů (Krizový Zákon), v

Platném Znění. Sbírka Zákonů, 2000.

Zákon č. 241/2000 Sb.,: Zákon o Hospodářských Opatřeních pro Krizové Stavy a o Změně Některých Souvisejících Zákonů, v Platném Znění. Sbírka Zákonů, 2000.

Zákon č. 97/1993 Sb.,: Zákon o Působnosti Správy Státních Hmotných Rezerv, v Platném Znění. Sbírka Zákonů, 1993.

Seznam ilustrací

Obr. 4.1: Výsledky tvrdosti (N) během 24měsíčního skladování vzorku májka lahůdkový vepřový krém. Výsledky jsou prezentovány jako průměr \pm SD (n = 10)	20
Obr. 4.2: Závislost komplexního modulu pružnosti [G*] na teplotě a délce skladování džemu meruňkovo-jablečného. Výsledky jsou prezentovány jako průměr \pm SD (n = 10)	21
Obr. 4.3: Srovnání vzorků džemu meruňkovo-jablečného po 12měsíčním a 24měsíčním skladování při jednotlivých skladovacích teplotách.....	22

Seznam tabulek

Tab. 3.1: Seznam potravin pro skladovací pokusy.....	14
Tab. 3.2: Obecné schéma očekávaného experimentálního designu pro skladovací experiment I a II *	16
Tab. 4.1: Přehled kritických teplot a časů použitelnosti výrobků	27

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	Bramborová kaše s mlékem
B	Instantní gulášová polévka
BDP	Bojová dávka potravin
C	Slunečnicový olej
KJT	Jednotky tvořící kolonie (anglicky Colony Forming Units)
CPM	Celkový počet mikroorganismů
D	Balkánský sýr
E	Předpečené bagety
F	Segedínský guláš
G	Kuřecí maso ve vlastní šťávě
G'	Modul elasticity
G''	Modul viskozity
G*	Komplexní modul
H	Májka lahůdkový vepřový krém
HPLC-RI	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie s refraktometrickou detekcí
I	Tuňák kousky ve vlastní šťávě
IZS	Integrovaný záchranný systém
J	Ovesná kaše jablka, rozinky, skořice
K	Müsli křupavé čokoládové
L	Džem meruňkovo-jablečný
M	Med květový luční
N	Nutella
NATO	Severoatlantická aliance (anglicky North Atlantic Treaty Organization)
O	Instantní nudle
P	Kuře na paprice
R	Instantní nudlová polévka s hovězí příchutí
S	Dobrý hostinec svíčková
STANAG	Označení pro standardizační dohodu (anglicky STANdardization AGreement)
T	Čočka s klobásou
TBARS	Sekundární oxidační produkty (anglicky thiobarbituric acid reactive substances)
TPA	Texturní profilová analýza

SEZNAM PUBLIKACÍ

Příspěvky v mezinárodních časopisech s IF evidovaných v databázi Web of Science

Šopík T., Lazárková Z., Buňková L., Purevdorj K., Salek R. N., Talár J., Novotný N., Foltin P., Pachlová V., & Buňka F. Impact of long-term storage on the quality of selected sugar-based foods stored at different temperatures. *LWT*, 2022, 113095, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113095>. (IF₂₀₂₀ = 4.952)

Yasir, M., Šopík, T., Lovecká, L., Kimmer, D., & Sedlařík, V. The adsorption, kinetics, and interaction mechanisms of various types of estrogen on electrospun polymeric nanofiber membranes. *Nanotechnology*, 2021, 33(7), 075702. <https://doi.org/10.1088/1361-6528/AC357B>. (IF₂₀₂₀ = 3.874)

Drohsler, P., Císař, J., Šopík, T., Sedlařík, V., & Pummerová, M. Effect of an Antioxidant Based on Red Beetroot Extract on the Abiotic Stability of Polylactide and Polycaprolactone. *Molecules*, 2021, Vol. 26, Page 5190, 26(17), 5190. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26175190>. (IF₂₀₂₀ = 4.412)

Motiei, M., Gouveia, L. P. de, Šopík, T., Vícha, R., Škoda, D., Císař, J., Khalili, R., Bergerová, E. D., Münster, L., Fei, H., Sedlařík, V., & Sába, P. Nanoparticle-Based Rifampicin Delivery System Development. *Molecules*, 2021, Vol. 26, Page 2067, 26(7), 2067. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26072067>. (IF₂₀₂₀ = 4.412)

Moghaddam, M. A., Martino, A. Di, Šopík, T., Fei, H., Císař, J., Pummerová, M., & Sedlařík, V. Polylactide/Polyvinylalcohol-Based Porous Bioscaffold Loaded with Gentamicin for Wound Dressing Applications. *Polymers*, 2021, Vol. 13, Page 921, 13(6), 921. <https://doi.org/10.3390/POLYM13060921>. (IF₂₀₂₀ = 4.329)

Pištěková, H., Jančová, P., Buňková, L., Šopík, T., Maršálková, K., Berčíková, L., & Buňka, F. Detection and relative quantification of amine oxidase gene (yobN) in *Bacillus subtilis*: application of real-time quantitative PCR. *Journal of Food Science and Technology*, 2021, 1–8. <https://doi.org/10.1007/S13197-021-05090-9>. (IF₂₀₂₀ = 2.701)

Lazárková, Z., Šopík, T., Talár, J., Purevdorj, K., Salek, R. N., Buňková, L., Černíková, M., Novotný, M., Pachlová, V., Němečková, I., & Buňka, F. Quality evaluation of white brined cheese stored in cans as affected by the storage temperature and time. *International Dairy Journal*, 2021, 121, 105105. <https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2021.105105>. (IF₂₀₂₀ = 3.032)

Pištěková, H., Jančová, P., Berčíková, L., Buňka, F., Sokolová, I., Šopík, T., Maršálková, K., Amaral, O. M. R. P. de, & Buňková, L. Application of qPCR for multicopper oxidase gene (MCO) in biogenic amines degradation by *Lactobacillus casei*. *Food Microbiology*, 2020, 91, 103550. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103550>. (IF₂₀₂₀ = 5.516)

Salač, J., Šopík, T., Stloukal, P., Janášová, N., Jursík, M., & Koutný, M. Slow release formulation of herbicide metazachlor based on high molecular weight poly(lactic acid) submicro and microparticles. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2019 16:10, 16(10), 6135–6144. <https://doi.org/10.1007/S13762-019-02222-9>. (IF₂₀₁₉ = 2.540)

Svobodová, B., Barros, L., Šopík, T., Calhelha, R. C., Heleno, S., Alves, M. J., Walcott, S., Kubáň, V., & Ferreira, I. C. F. R. Non-edible parts of *Solanum stramonifolium* Jacq. – a new potent source of bioactive extracts rich in phenolic compounds for functional foods. *Food & Function*, 2017, 8(5), 2013–2021. <https://doi.org/10.1039/C7FO00297A>. (IF₂₀₁₇ = 3.289)

Moudrá, K., Pachlová, V., Černíková, M., Šopík, T., & Buňka, F. The combined effects of fat content, calcium chloride, and coagulant concentration on the development of cheese curd structure. *International Dairy Journal*, 2017, 73, 92–97. <https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2017.05.006>. (IF₂₀₁₇ = 2.201)

Příspěvky v recenzovaných časopisech evidovaných v databázi Scopus

Pachlová, V., Charousová, Z., & Šopík, T., Effect of milk origin on proteolysis and accumulation of biogenic amine during ripening of Dutch-type cheese. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2017, 11(1), 363–367. <https://doi.org/10.5219/741>

Kábelová-Ficová, H., Kráčmar, S., Gregor, T., Fišera, M., Golian, J., Kubáň, V., & Šopík, T. Preparation of malts for production of special beers. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2017, 11(1), 441–445. <https://doi.org/10.5219/773>

Příspěvky v recenzovaných časopisech

Šopík, T., Vydrová, L., Ludmila, Z., & Buňka, F. Development of a method for analysis of tetracycline residues in cow's milk by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Maso International – Journal of Food Science and Technology*, 2016, vol. 1, 3-10, ISSN 1805-5281

Konferenční příspěvek

Yasir, M., Šopík, T., Kimmer, D., & Sedlařík, V. Facile hplc technique for simultaneous detection of estrogenic hormones in wastewater. *NANOCON Conference Proceedings - International Conference on Nanomaterials*, 2021-October, 272–276. <https://doi.org/10.37904/NANOCON.2020.3710>

Ing. Tomáš Šopík, Ph.D.

**Vývoj obsahu vybraných biologicky aktivních látek v potravinách
v průběhu skladování**

Development of the content of selected biologically active substances in food
during storage

Teze disertační práce

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín

Náklad: vyšlo elektronicky

Sazba: autor

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2022

První vydání

ISBN 978-80-7678-071-2

